

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



**CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE
ESTOS PRODUCTOS.**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

POR

CESAR OCTAVIO CAMEY REYES

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 1,995

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL
GUATEMALA, MAYO DE 1995

08
T(3542)
20 VI

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con lo establecido por las normas
de la Universidad de San Carlos de Guatemala,
presento a consideración mi trabajo de tesis titulado:

**CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE
ESTOS PRODUCTOS**

Punto que me fuera autorizado por la Dirección de
la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial en
septiembre de 1,993.



Cesar Octavio Camey Reyes

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López
EXAMINADOR	Ing. Hector Alarcón
EXAMINADOR	Ing. Edgar Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Pedro Avalos

Guatemala, 10 de Agosto de 1,994.

Señor Ingeniero
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado Ingeniero:

Atentamente me es grato informarle que el punto de tesis CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE ESTOS PRODUCTOS, trabajo realizado por el señor Cesar Octavio Camey Reyes, ha sido terminado, revisado, cumpliendo con todos los requisitos y objetivos que debe de tener un estudio de tesis, por tal motivo he dado mi visto bueno como asesor del mencionado trabajo y sugiero al Sr. Camey cumplir con todos los procedimientos finales para someterse a examen general publico.

Agradezco su atención, sin otro particular att.



ING. JOSÉ FAUSTO RAMÍREZ C.
COLEGIADO 2023



FACULTAD DE INGENIERIA

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

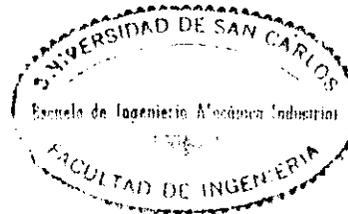
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE ESTOS PRODUCTOS, trabajo presentado por el estudiante universitario César Octavio Camey Reyes, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Fernando Álvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL

Guatemala, abril de 1,995.



**FACULTAD DE INGENIERIA**

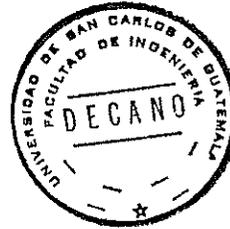
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE ESTOS PRODUCTOS, presentado por el estudiante universitario César Octavio Camey Reyes, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, abril de 1,995.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

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

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis titulada CONTROL DE PERDIDAS EN LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE ESTOS PRODUCTOS, presentado por el estudiante universitario César Octavio Camey Reyes, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
INGENIERÍA MECÁNICA



Guatemala, mayo de 1,995.

emds

ACTO QUE DEDICO

A Dios:

Por haberme llenado de salud en toda mi vida.

A mis Padres:

María del Carmen Reyes de Camey

Cesar Octavio Camey, como un regalo para que vean realizado el esfuerzo de muchos años.

A mi hermana:

Mayary del Carmen Camey Reyes, como un ejemplo de motivación para su superación personal.

A mi abuelita:

Margarita Juventina Ortiz, como un agradecimiento a sus múltiples consejos para guiarme por el buen camino. QQEP.

A mis primos:

Para su superación personal, en especial a uno que me ha acompañado en toda mi vida y que pronto gozara también de este momento.

A mis tíos:

En especial a Ing. Cesar Rolando Ortíz

A mis amigos y compañeros:

Gracias por su amistad.

A el Ing. Fausto Ramírez:

Por su gran colaboración en la elaboración de este trabajo de tesis.

Guatemala, 15 de Octubre de 1,993.

Ingeniero

Jorge Pelaez Castellanos

Director de Escuela de Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala.

Su despacho

Ingeniero Pelaez:

César Octavio Camey Reyes, Carnet 87-11865, con 304 créditos aprobados, de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, someto a su consideración el tema a desarrollar en mi trabajo de Tesis, titulado "CONTROL DE PERDIDAS DE LAS GASOLINAS EN UNA TERMINAL RECEPTORA DE ESTOS PRODUCTOS", el cual busca la manera de utilizar conocimientos adquiridos en cursos durante la carrera, y dar a conocer conceptos y problemas adquiridos durante experiencia en mi trabajo, buscando siempre ayudar a enriquecer en conocimientos a todos aquellos lectores que les interesara conocer acerca del mejor manejo de las gasolinas, equipo y accesorios utilizados.

JUSTIFICACION

Se considera como justificación para el desarrollo del siguiente trabajo las siguientes:

- a) Conocer los diferentes tipos de pérdida que se pueden ocasionar en estos productos, tomando en cuenta que algunos de ellos son muy usados en la mayoría de empresas y les será de mucha utilidad saber qué tipo de pérdida se encuentra presente en su empresa.
- b) Conocer el funcionamiento de algunos accesorios usados para disminuir algunas pérdidas y así obtener un mejor balance de pérdidas y ganancias, en el mejor aprovechamiento del combustible y por consiguiente creamos un ahorro en cuanto al mejor manejo de nuestras divisas.
- c) Dar a conocer al estudiante un tema completamente nuevo, a su pènsum de estudios y de esta manera permitirle un mejor manejo de este producto cuando se encuentre a cargo de dicho consumo, así como si le toca ingresar a una terminal receptora de estos productos, y a conocer cómo combatir algunas pérdidas, así como ir relacionado con algunos accesorios que en estas empresas se utilizan.
- d) Se busca optimizar las instalaciones de una terminal a través del mejor aprovechamiento de los accesorios aquí utilizados para disminuir las pérdidas en estos productos.

INTRODUCCION

El siguiente trabajo de tesis busca la manera de dar a conocer a estudiantes, así como a profesionales las buenas prácticas en el control de pérdidas de gasolinas en una Planta Terminal receptora de estos productos; también podrán conocer de qué manera afectan unas pérdidas más que otras o cómo minimizarlas de acuerdo con el grado de importancia que cada una de ellas tenga.

Se buscará la manera de utilizar un lenguaje claro para evitar que los lectores comprendan, mejor el manejo de combustibles derivados del petróleo, sin embargo, se dedicará un capítulo en lo que se refiere a definiciones de términos usados en la industria petrolera, para ayudar aún más a la mejor comprensión del mensaje.

Se presentan gráficas de los elementos y accesorios que contribuyen al control o descontrol de muchas de las pérdidas, así como dar a conocer algunos ejemplos para minimizar las pérdidas o saber de dónde provienen, para que cada persona pueda aplicarlos en una empresa que tenga un tanque de almacenamiento de gasolinas.

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar a los gerentes y encargados de mantenimiento de las diferentes empresas en general y al estudiante de la Facultad de Ingeniería, especialmente, un instrumento técnico que le ayude a enriquecer sus conocimientos y en la medida que los apliquen, para mejorar el rendimiento de una determinada máquina y por consiguiente, al mejor rendimiento de la empresa, y lograr de esta manera un mejor aprovechamiento de sus divisas adquiridas.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Conocer los diferentes tipos de pérdida que se presentan en estos productos.
2. Conocer algunos factores que afectan algunas de las diferentes pérdidas y así poder controlarlos, y si es posible disminuirlos.
3. Conocer la manera en que la posición del tanque receptor afecta las pérdidas en estos productos.
4. Que sirva como documento de consulta para el estudiante de Ingeniería, así como para la persona que tenga a su cargo el manejo de estos productos.
5. Conocer las medidas que hay que tomar en consideración, la cual depende del tipo de pérdida que se encuentre.

INDICE

CAPITULO I

DEFINICION Y SIGNIFICADO DE LOS TERMINOS FUNDAMENTALES (PAGINA)

1.1 Presión de vapor de un líquido	1
1.2 Presión reid del vapor de un líquido (rvp)	1
1.3 Presión real del vapor de un líquido	2
1.4 Presión parcial del vapor	3
1.5 Saturación de un espacio de vapor	3
1.6 Grado de saturación de un espacio de vapor	3
1.7 Difusión de un espacio de vapor	3
1.8 Evaporación	3
1.9 Condensación	3
1.10 Convección	3
1.11 Radiación	3

CAPITULO II

TANQUES

II.1 Espacio vacío del tanque (tank outage)	5
II.2 Diámetro del tanque	5
II.3 Programa de llenado y vaciado de tanques	5
II.4 Condición de los tanques	6
II.5 Tipos de tanques	6
II.5.1 Tanques de techo fijo	7
II.5.2 Tanques de techo flotante	11

II.5.3	Tanques de espacio de vapor variable	14
II.5.4	Tanques de presión	20
II.6	Fundamentos de calibración de tanques de tierra	22
a.	Método de diámetros internos	24
b.	Método de strapping externo	26
c.	Método línea de referencia optica	29
d.	Calibración del piso	31
e.	Deducciones	33
f.	Techo flotante	34
II.7	Mediciones de nivel en tanques de tierra	35
II.8	Medida de agua libre en tanques de tierra	46
II.9	Inspeccion del tanque	51

CAPITULO III

PERDIDAS

III.1	Pérdidas por evaporación	54
III.2	Pérdidas por respiración	54
III.3	Pérdidas por almacenamiento estático	55
III.4	Pérdidas por humedad	55
III.5	Pérdidas por llenado	55
III.6	Pérdidas por vaciado	56
III.7	Pérdida por ebullición	56
III.8	Factores que afectan la pérdida por evaporación	56
III.9	Aplicación de los factores básicos a las operaciones	57
III.9.1	Presión real del vapor	57
III.9.2	Cambios de temperatura	58
III.10	Forma de dcalculo de perdidas por respiración en tanques verticales	

de techo fijo	60
III.11 Calculo de pérdida por respiración para tanques horizontales sobre superficie	61
III.12 Forma de calculo de perdidas por llenado para tanques verticales de techo fijo	62
III.13 Calculo de pérdida de productos sin movimiento en tanques de techo flotante	63
III.14 Control de inventarios para determinar pérdidas, midiendo y balanceando recepción y despacho	69

CAPITULO IV

ACCESORIOS

IV.1 Válvulas de presión y vacío	72
IV.2 Pruebas de las válvulas de presión y vacío (pv)	85
IV.3 Válvulas de emergencia	89
IV.4 Prueba de tubería, control de fugas	90
IV.5 Perdida por evaporación en los tanques de techo flotante	92
IV.6 Efecto de la regulación de la válvula p.v.	95
IV.7 Efecto de la impermeabilidad del tanque	96

CAPITULO V

TRANSPORTE

V.1 Calibración de Camiones y Carros - Tanques	100
V.1.1 Objetivo	100
V.1.2 Introducción	100
V.1.3 Equipo requerido y Facilidades	101
V.1.4 Cuando calibrar camiones o carros-tanque	102

V.1.5 Inspecciones previas a la operación de calibrar	103
V.1.6 Desarrollo de la operación	106
V.2 Instrucciones para determinar la temperatura promedio de los productos entregados por camiones-tanque	109
V.3 Sistemas para recobrar vapores de productos de petróleo volátiles	114

CAPITULO I

DEFINICION Y SIGNIFICADO DE LOS TERMINOS FUNDAMENTALES

I.1 Presión de vapor de un líquido.

Es la medida de la fuerza que tiende a evaporar cualquier líquido volátil, tal como las gasolinas. El movimiento molecular dentro del líquido es el responsable de esta fuerza y está relacionado con la composición del líquido. Las moléculas más pequeñas son las más activas; de esta forma, la presión del vapor aumenta a medida que aumenta la proporción de estos componentes que tienen un bajo punto de ebullición (moléculas más pequeñas). Las temperaturas altas también estimulan el movimiento y una presión de vapor más alta. A cualquier presión de almacenamiento dada, el porcentaje de equilibrio del vapor de hidrocarburo en el espacio de vapor, esencialmente, es directamente proporcional a la presión real del vapor del líquido.

I.2 Presión reid del vapor de un líquido (prv).

Es la presión absoluta en libras por pulgada cuadrada determinada a 100 F y $V/L=4$ (relación de volumen vapor a volumen líquido) usando aparatos y procedimientos estandarizados bajo los auspicios de la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales (ASTM). En esta forma, la prv es la presión del vapor de una muestra que ha alterado su composición debido a la evaporación requerida para saturar el espacio de vapor de la bomba. Por lo tanto, la prv es ligeramente más baja que la presión real del vapor de la muestra a 100 F.

Frecuentemente, la prv se usa para definir la volatilidad de la gasolina; también constituye el método más conveniente para evaluar, la verdadera presión del vapor. Por medio de correlación, la PRV del líquido de hidrocarburo que está investigando, puede convertirse a presión real de vapor a cualquier temperatura normal de almacenamiento.

I.3 Presión real del vapor de un líquido.

Es la presión de vapor de un líquido a una temperatura especificada y sin que cambie su composición por la evaporación que ocurre en la mayoría de los procedimientos que se usan para medir la presión del vapor. Con las mezclas, tal evaporación da como resultado una reducción de la presión del vapor medida. La presión real de vapor se diferencia de las presiones de vapor así determinadas.

La evaporación de una mezcla de hidrocarburos reduce la presión del vapor, porque los componentes más livianos se evaporan más rápidamente, y dejan al líquido más rico en componentes más pesados y menos volátiles. Así para gasolinas de motor y mezclas similares de amplios límites de ebullición, la presión real del vapor a 100 F puede ser significativamente más alta que la presión reid de vapor (prv), porque durante el ensayo reid se encuentra alguna evaporación. Para un solo componente real, la evaporación del líquido no cambiará la presión de vapor y la presión real del vapor substancialmente igualará a la prv.

La presión real del vapor puede estimarse de las correlaciones, que la relación con la prv y las características de ebullición de la ASTM. Aun cuando no existe un procedimiento estandarizado para determinar directamente la presión real del vapor, una investigación abarca la prueba de una muestra libre de gas y aire en un envase con un espacio de vapor infinitamente pequeño.

Una mayor presión real de vapor acelera la proporción de evaporación en cualquier espacio de vapor de un tanque. También, en la saturación, un espacio de vapor contiene proporcionalmente más vapores de hidrocarburo a medida que la presión real del vapor sube. Estos dos factores aumentan la pérdida por evaporación del tanque durante cualquier ciclo específico de respiración o programa de llenado.

I.4 Presión parcial del vapor.

La presión parcial del vapor de hidrocarburo en un espacio de vapor, es una medida de la fuerza ejercida por las moléculas de hidrocarburo golpeando contra la pared del depósito. Las moléculas de aire, generalmente presentes en los problemas de pérdida por evaporación, generan similarmente una presión parcial. La suma de todas las presiones parciales es igual a la presión total del sistema; la presión parcial de cualquier hidrocarburo de vapor es proporcional a su fracción volumétrica del espacio de vapor.

En el proceso de pérdida por evaporación, un espacio de vapor está normalmente en contacto con el líquido del que emanan los vapores de hidrocarburo. Existe un equilibrio cuando la presión parcial del vapor de hidrocarburo es igual a la presión del vapor del líquido, y los coeficientes de evaporación y condensación son iguales.

I.5 Saturación de un espacio de vapor.

El espacio de vapor de un tanque, respecto a un producto hidrocarburo dado, se dice que está saturado cuando existe equilibrio entre dicho hidrocarburo en el vapor y las fases del líquido bajo condiciones dadas de temperatura y presión, y la composición del espacio de vapor es totalmente uniforme.

I.6 Grado de saturación de un espacio de vapor.

Es el porcentaje de saturación respecto a un producto hidrocarburo dado, que prevalece en cualquier tiempo o lugar dados, bajo condiciones normales de equilibrio.

I.7 Difusión de un espacio de vapor.

Es el movimiento molecular que tiende a distribuir uniformemente un producto hidrocarburo en todo el espacio de vapor.

En el proceso de pérdida por evaporación, la difusión es una forma en que los hidrocarburos recién evaporados se distribuyen en todo el espacio de vapor en un esfuerzo por saturarlo.

I.8 Evaporación.

Es el proceso por medio del cual un líquido se transforma en vapor, ya sea por medio de ebullición o no.

I.9 Condensación.

Es lo contrario de evaporación, es decir, cuando un vapor se transforma en líquido

I.10 Convección.

Es la transferencia de calor por el movimiento de fluidos inducidos por diferencias de temperatura.

I.11 Radiación.

Un cuerpo caliente despidе calor en forma de energía radiante. La proporción en que un cuerpo absorbe la energía radiante depende de su área y las propiedades reflectoras de su superficie, su exposición, y la diferencia de temperatura. En el proceso de pérdida por evaporación, la radiación solar es la fuente principal de energía radiante.

CAPITULO II

TANQUES

II.1 Espacio vacío del tanque (tank outage)

El volumen de la mayoría de los espacios de vapor del tanque es directamente proporcional al espacio vacío, (la altura del espacio de vapor). Para un tanque de techo fijo, un espacio vacío más alto significa mayor pérdida porque el volumen mayor de vapor respirará más. Sin embargo, cuando aumenta el espacio vacío, la entrada de calor no se aumenta en proporción directa. El calor entra al espacio de vapor a través de la pared del tanque, cuya área permanece inalterada. Además, si se aumenta la altura del espacio de vapor, la resistencia o la transferencia de vapores de hidrocarburos de la superficie del líquido al respiradero aumenta. Por lo tanto, el promedio de concentración de hidrocarburos en el vapor ventilado deberá bajar. La experiencia ha confirmado que la pérdida aumentará proporcional al aumento del espacio vacío.

II.2 Diámetro del tanque

El diámetro del tanque influye sobre el volumen del espacio de vapor y sobre las condiciones de la superficie del líquido. A mayor diámetro, mayor superficie del producto expuesta a evaporación. Por consiguiente, suponiendo una altura constante del tanque, la pérdida total por respiración aumenta proporcionalmente al diámetro.

II.3 Programa de llenados y vaciados de tanques

Durante un período de tiempo, la frecuencia de rotación del producto y el promedio del espacio vacío afectan la pérdida total. Las operaciones que producen grandes espacios vacíos, pueden resultar en pérdidas altas por respiración. La programación de llenado y vaciado para compensar los cambios diarios de temperatura puede reducir las pérdidas por respiración. El intervalo de tiempo entre el vaciado y la llenada puede tener un efecto significativo sobre la pérdida. Para un

sistema de tanques conectados con tubería de vapor, el llenar simultáneamente un tanque mientras se vacía otro, mantiene la capacidad de almacenamiento de vapor relativamente constante y la pérdida por llenado se reduce.

II.4 Condición de los tanques

La condición del tanque es otro factor que afecta la proporción de la pérdida. Los respiraderos abiertos resultan en altas pérdidas cuando vientos fuertes o turbulentos provocan cambios rápidos de presión de los tanques en que se almacenan líquidos volátiles. Ocurre respiración rápida en forma de descargas cortas. Cualquier agujero en el techo, diafragma, sello o partes del tanque dan como resultado una pérdida similar.

Cuando haya dos o más aberturas en el tanque, la pérdida se aumenta aún más. Las diferencias de presión que resultan de los efectos del viento o del calor, causan una corriente constante de aire a través de algunas aberturas hacia el espacio de vapor y la salida de vapor a través de otras.

II.5 Tipo de tanque

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

Si los tanques tienen sus espacios de vapor interconectados, el volumen del espacio de vapor puede controlarse hasta cierto punto mediante un programa de vaciado y llenado, cuando sea posible.

Si se permite que cambie el volumen del espacio de vapor a una presión constante podrá prácticamente eliminarse la pérdida por respiración y podrá reducirse la pérdida en el llenado. El grado de reducción de la pérdida depende del espacio variable de vapor que exista.

Existen cinco diseños básicos de tanques:

1. Tanques de techo fijo
2. Tanques de techo flotante
3. Tanques de espacio de vapor variable
4. Tanques de almacenamiento
5. Tanques de presión.

Cada uno de estos tipos está diseñado para requerimientos especiales de almacenamiento, y tienen requisitos espaciales de accesorios, mantenimiento y operación eficiente. Los medios de conservación de cada uno y el tipo de problemas de almacenamiento para los que están diseñados se indican a continuación.

II.5.1 Tanques de techo fijo

La norma mínima aceptada para el almacenamiento de productos volátiles es el tanque de techo fijo. En vista de que generalmente es el que se construye a menos costo, el mismo sirve como base en la justificación de gastos adicionales necesarios para construir tanques con accesorios para la conservación. El mismo está diseñado para operar a una presión interna o vacío pequeño y es susceptible a considerables pérdidas por respiración, llenado o vaciado.

Equipo accesorio

El tanque de techo fijo tiene varias aberturas en el techo para ventilación, medida y muestreo. Para mantener un techo a prueba de escape de gas, deberá instalarse, en estas aberturas, equipo accesorio a prueba de gases.

El accesorio para la abertura de ventilación se llama válvula de respiración, válvula de escape de vacío y presión, o respiradero de conservación. Cuando se opera adecuadamente, este mecanismo previene ya sea la entrada de aire o el escape de vapores hasta que se desarrolla

vacío o presión. La mayoría de las válvulas de respiración, especialmente los tipos de metal-a-metal, permiten algún derrame por debajo de la regulación de presión o vacío. Una válvula de respiración ajustada es importante para reducir la pérdida de evaporación. La magnitud real de las economías depende de tales factores como la presión del vapor del material almacenado, las condiciones climatológicas, color de la pintura, y la amplitud permitida de presión de trabajo. Sin embargo, las economías logradas usualmente pagarán la instalación.

La válvula de respiración también contribuye a una operación segura manteniendo el respiradero del tanque cerrado a la atmósfera la mayoría del tiempo.

La regulación de presión y vacío de una válvula respiradora están dictadas por las características estructurales del tanque y deberán estar dentro de límites de seguridad en la operación. Una cierta cantidad de presión y vacío más allá de esta regulación es necesaria para que la válvula funcione expulsando gases o permitiendo la entrada del aire. La regulación de presión y vacío para las válvulas respiradoras que van o que han de ser instaladas en tanques grandes construidos de acuerdo con la norma API 650: "Especificaciones para tanques de almacenamiento de petróleo soldados" usualmente se limita a $1/2$ onza/pulgada².

Para tanques pequeños y todos los tanques que tengan elementos estructurales especiales, la escala de presión puede aumentarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Las válvulas respiradoras deben diseñarse para dar:

1. Capacidad de flujo alto a una presión o vacío relativamente pequeñas arriba de la regulación.
2. Un sello a prueba de escape de gas.
3. Protección contra pegaduras o congelación.
4. Fácil acceso a todas las partes para inspección y mantenimiento.

Existen algunas pérdidas de vapor inherente a los métodos manuales de medición y muestreo que necesitan la apertura del tanque a la atmósfera, cada vez que se llevan a cabo estas operaciones. Esta pérdida puede reducirse a un mínimo por medio del uso de equipo automático de medición, cierres dobles y un sistema de termómetros y válvulas de muestreo en la pared del tanque.

Mantenimiento del equipo accesorio.

Para mantener los accesorios a prueba de escape de gas, los mismos deben inspeccionarse y restaurarse periódicamente. Las paletas de las válvulas respiradoras de metal-a-metal que se tuercen con el uso deben ajustarse para restaurar su condición a prueba de escape. Los diafragmas defectuosos o válvulas respiradoras de diafragma deben reemplazarse.

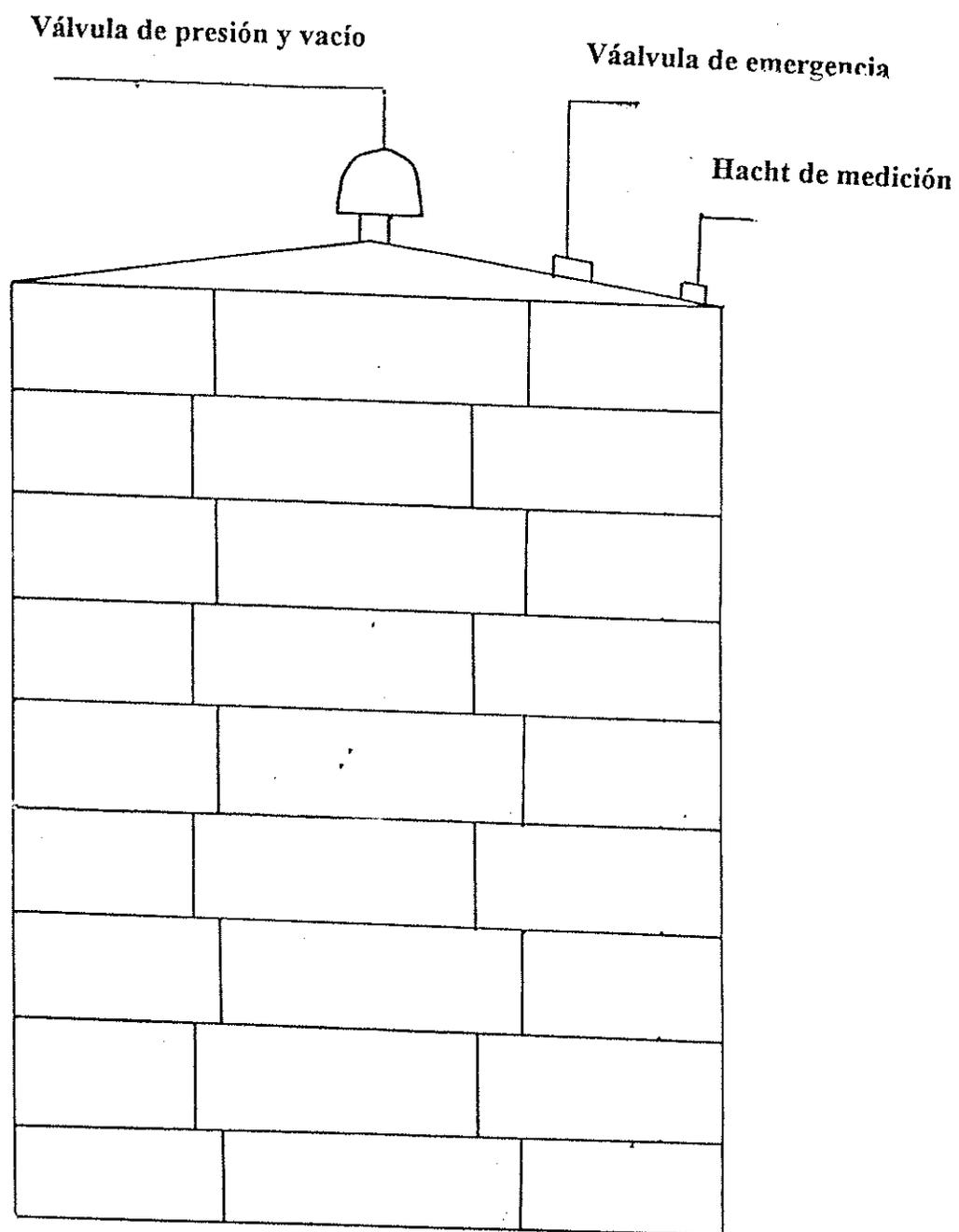
Las válvulas respiradoras de sello líquido pueden ser afectados por dilución o pérdida del líquido y tendrán que inspeccionarse y mantenerse más frecuentemente, según lo demuestre la experiencia. Un agujero para manómetro flojo, puede tornarse casi a prueba de escape reemplazando el empaque o esmerilando la superficie de colocación.

No se recomienda parallasas o mallas de destello, ya que pueden taparse con polvo, óxido o hielo. Tales obstrucciones en el sistema de ventilación pueden causar daños severos al tanque debido a una presión o vacío internos excesivos. Cuando el uso de estos accesorios es requerido por la autoridad local, los mismos deberán inspeccionarse y limpiarse frecuentemente.

Selección de pintura

La pintura del tanque es importante para reducir la pérdida por evaporación, lo mismo que para preservar el tanque. Un programa adecuado, utilizando pinturas reflectoras, reducir el calor inducido al tanque, reduce la temperatura del metal del tanque.

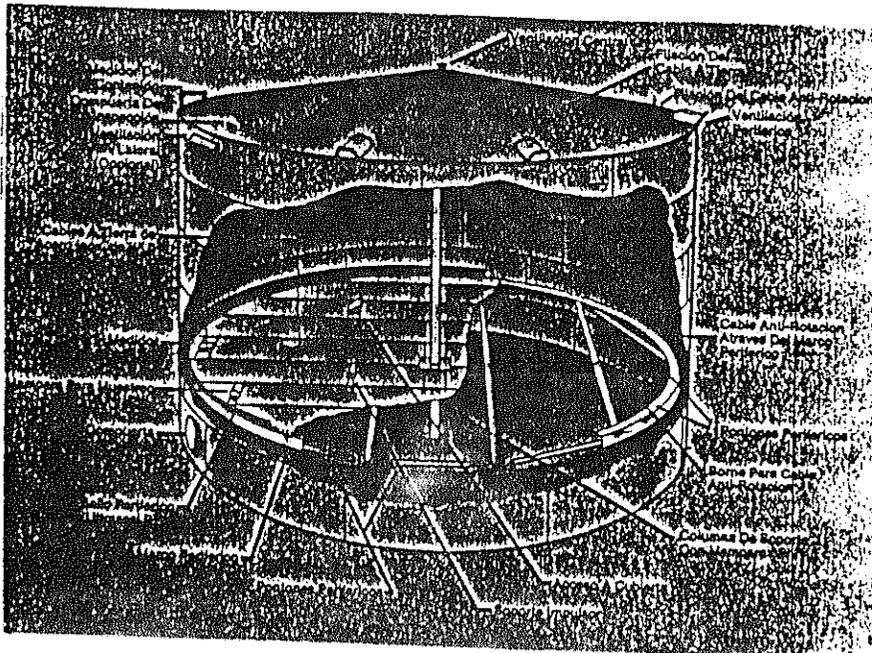
La pintura blanca es un método simple y efectivo para reducir la pérdida por evaporación.



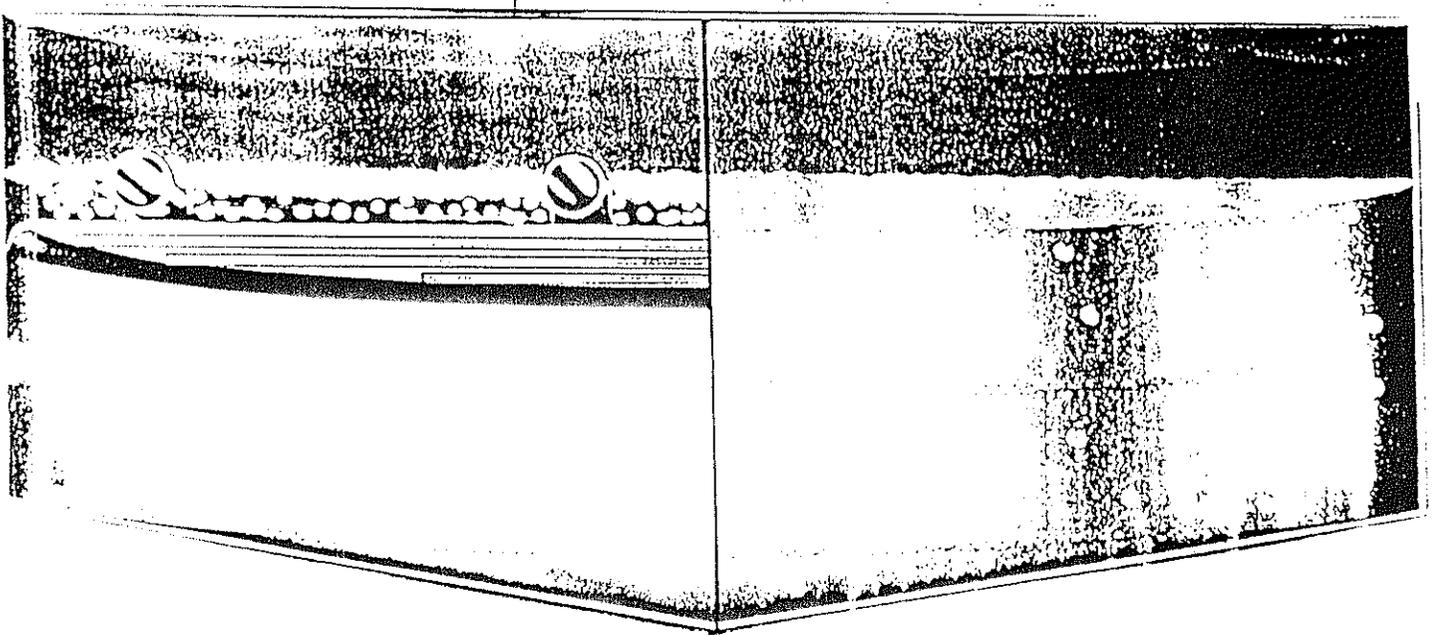
II.5.2 Tanques de techo flotante

El tanque de techo flotante es un artificio efectivo de conservación para la volatilidad de combustibles de motores. El diseño básico elimina virtualmente el espacio de vapor, lo cual resulta en pérdidas bajas de respiración, llenado y vaciado. Otras ventajas de los diseños más modernos de este tanque son la protección excelente contra incendios y la resistencia interna contra la corrosión.

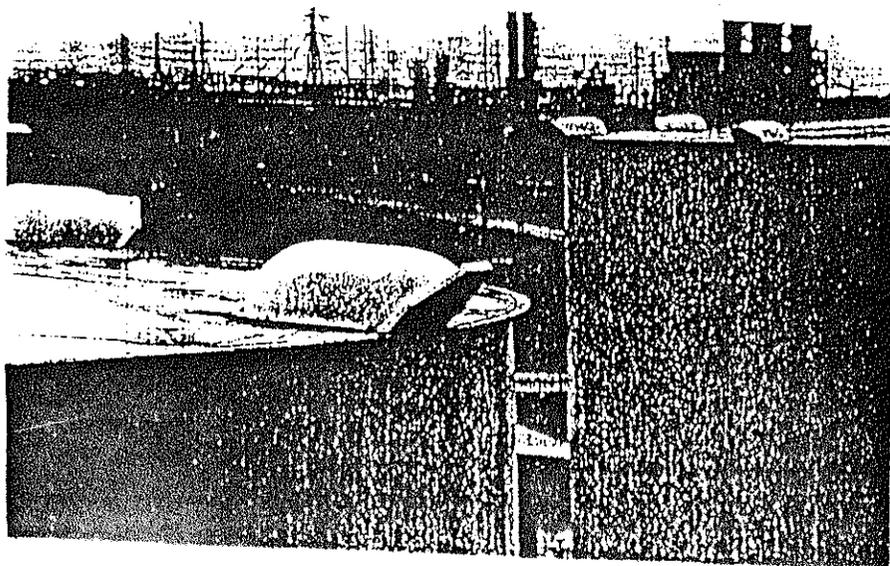
Vista interior del tanque



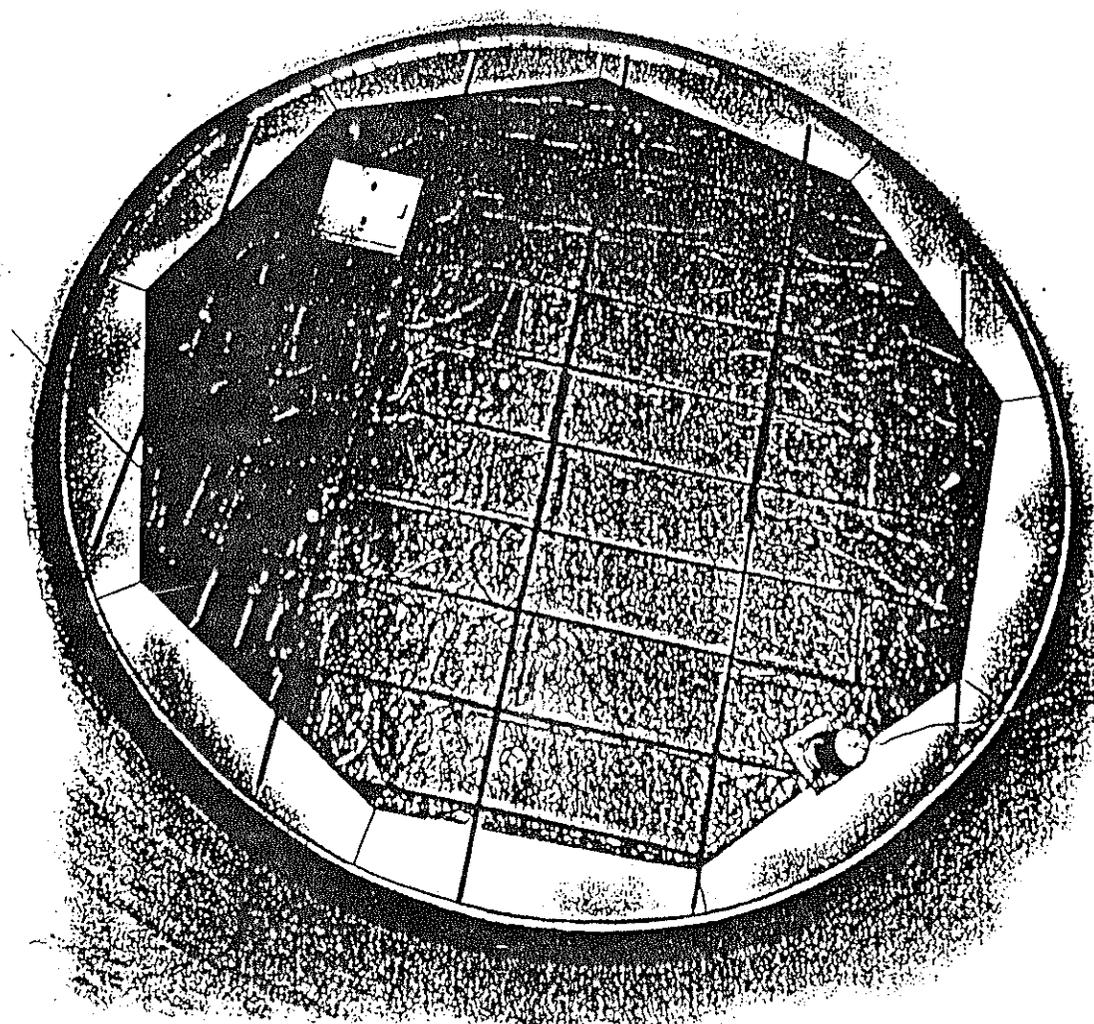
Vista del funcionamiento del techo



Respiraderos de tanques con techo flotante



Vista superior del sello y techo flotante



II.5.3 Tanques de espacio de vapor variable

Los tanques de espacio de vapor variable son medios efectivos de conservación especialmente adecuados para reducir pérdidas por respiración.

Los vapores que se expanden se almacenan temporalmente en una cámara de gas y se van a la atmósfera únicamente cuando la capacidad de la cámara de gas se excede. En el enfriamiento, los vapores de la cámara de gas regresan al tanque.

La capacidad de espacio de vapor variable en el tanque usualmente es suficiente de manera que una de estas cámaras de gas pueda usarse, junto con uno o más tanques de techo fijo interconectados que están operando substancialmente a la misma presión.

La pérdida durante el llenado no se reduce materialmente excepto en una operación controlada cuidadosamente. Sin embargo, debido a la eficacia en reducir la pérdida por respiración, este tanque ha sido ampliamente aceptado particularmente cuando el movimiento del producto contenido en el tanque es bajo.

Diseño del tanque

Se usan dos tipos de tanques de espacio de vapor variable:

- a.- El de techo elevador
- b.- El de diafragma flexible

a.- El de techo elevador

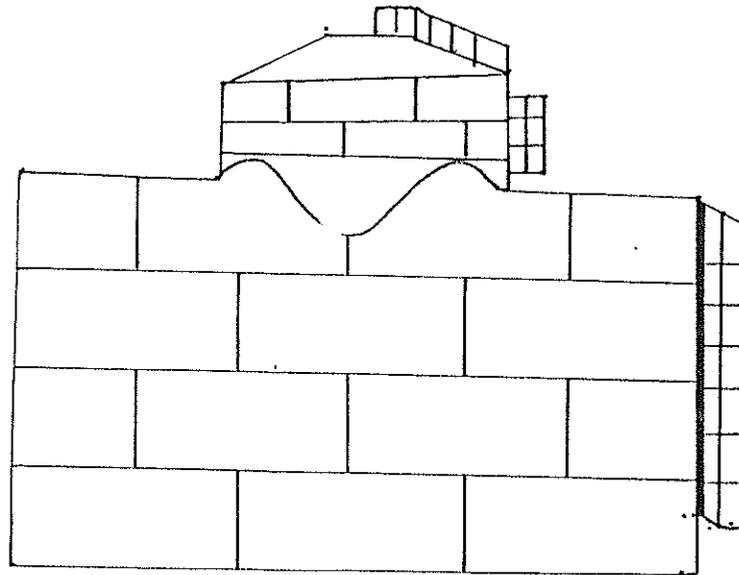
Hay dos clases de tanques de techo elevador:

- a.1 - Sello húmedo
- a.2 - Sello seco

En cada tipo, el techo es telescópico. No estando rígidamente unido al cáscarón, el techo puede moverse de arriba a abajo a medida que el vapor sobre el líquido se expande o se contrae.

a.1 - Sello húmedo

En un diseño típico de techo elevador de sello húmedo, la parte superior del tanque está rodeada de un espacio anular, llamado batea o artesa, y contiene un líquido sellante. Un faldón de desplazamiento se extiende desde el techo hasta el líquido para proveer el selló, el techo está libre de moverse de arriba a abajo una distancia de 4 pies a 10 pies o más. El líquido de sello podrá ser agua, aceite ligero, o una solución anticongelante; el mismo debe seleccionarse de acuerdo con el clima, consideraciones de solubilidad y diseño del tanque.



a.2 - Sello seco

El tanque de techo desplazable, con sello seco, opera similarmente al desplazable de sello líquido. En vez de un sello líquido, se usa una tela ahulada o sello seco para retener los vapores a medida que el techo se mueve de arriba a abajo. Para ambos tipos de techos desplazables, la presión de operación varía de 1- 1/2 oz. a 4 oz. por pulgada cuadrada, según el tipo, diámetro y elevación del techo. Debido a que estas presiones controlan la presión de operación en todo el sistema, los tanques interconectados de techo fijo deberán diseñarse y construirse para soportar esta presión de operación más la caída de presión en el sistema de vapor interconectado, más una reserva para evitar que el respiradero permita fugas.

b. Tanque de diafragma flexible

El tanque de diafragma flexible sirve para el mismo propósito que el tanque de techo desplazable, y da capacidad de expansión por el movimiento del diafragma. Los tanques de diafragma flexible tienen una ventaja sobre los tanques de techo elevador y es que la presión de operación es relativamente baja; por lo tanto, muy raramente se necesita reforzar los tanques de techo fijo interconectados. Además la presión más baja reduce la magnitud de posibles fugas.

Hay dos tipos de tanques de diafragma flexible:

b.1 La unidad integral

b.2 La unidad separada

b.1 La unidad integral

Es esencialmente un tanque de techo fijo con una caparazón de acero colocado sobre el techo; un diafragma flexible adherido al interior de la caparazón puede expandirse o contraerse a medida que los vapores confinados cambian de volumen.

b.2 La Unidad separada

Es una cámara de gas; la misma es una unidad cilíndrica vertical con un diafragma flexible adherido al centro horizontal. Esta unidad puede estar conectada a uno o más tanques de techo fijo.

El material de el sello usado para los siguientes tipos de techos en tanques de almacenamiento:

- Techos desplazables de sello seco
- Techos con diafragma o membrana flexible
- Techos con cámara de gas de sello seco, deberá tener las siguientes características:
 1. Alta resistencia
 2. Buena resistencia química contra el producto y los vapores que entran en contacto con l.
 3. Buenas propiedades de duración.
 4. Un alto grado de impermeabilidad a los vapores y al producto líquido mismo, cuando están en contacto.

Las líneas de vapor interconectadas deberán tener un diámetro adecuado para un mínimo de caída de presión. Las tuberías de vapor deberán estar inclinadas hacia uno o más puntos con desagües en cada punto para dar salida a la condensación acumulada. Cuando se almacenan gasolinas de motor y de aviación en el mismo sistema, es necesario instalar válvulas de cheque en las tuberías de vapor de los tanques de gasolina de aviación para proteger la especificación de presión de vapor de la gasolina de aviación.

Mantenimiento del tanque

Mantener un tanque de gasolina de aviación o sistema de espacio de vapor variable herméticamente cerrado, requiere un mantenimiento cuidadoso. El nivel del líquido sellador en el tanque de techo desplazable de sello húmedo debe revisarse dos veces al año, preferiblemente en cada semestre.

La membrana flexible en el tanque de diafragma es realmente un material frágil. No deberá tratarse de levantar halando cualquier cable adjunto al diafragma, pues cualquier movimiento inapropiado podría romperla.

El condensado debe recobrase de las líneas de vapor conectadas por lo menos mensualmente.

Diseño del equipo accesorio

Las válvulas respiradoras son accesorios normales para cada tanque en un sistema de espacio de vapor variable. Los ajustes de escape de las válvulas respiradoras en los tanques de techo fijo se colocan ligeramente más altos que aquéllos para los tanques de conservación. En vista de que la capacidad del espacio de vapor variable no es adecuada para retener todo el vapor la expelido durante el llenado, la válvula de respiración deberá acomodar el flujo de vapor en la proporción máxima de llenado.

Cada tipo de tanque de techo elevador tiene una válvula de control de volumen. Esta válvula permite al vapor escapar del tanque de conservación cuando el techo ha llegado a su límite superior de movimiento. Esta válvula también permite que el aire entre en el tanque para evitar que se forme un vacío mayor de una pulgada de agua.

Otros accesorios que ayudan materialmente a reducir pérdidas son:

1. Calibrador automático y termómetros fijos
2. Control mecánico de la válvula de cierre de la línea de vapor conectada a una escotilla de medición.

Mantenimiento del equipo accesorio

La necesidad de un mantenimiento apropiado de las válvulas de respiración es mayor en el tanque de espacio de vapor variable que en el tanque de techo fijo, debido a una presión de

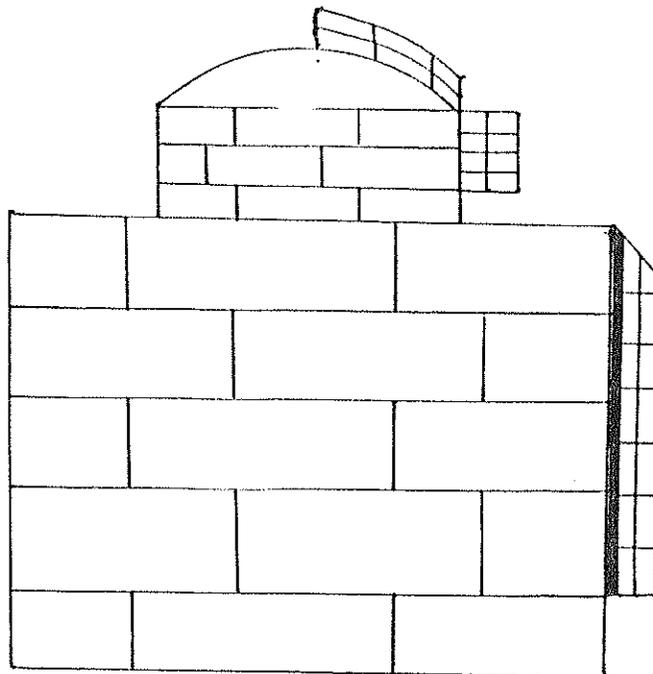
operación más alta. En el caso de que la unidad de espacio de vapor variable sea parte de un sistema de tanques múltiples la fuga en una válvula de respiración tenderá a anular el efecto de conservación del sistema completo.

Por lo tanto, a una frecuencia que se haya determinado adecuada, las paletas en las válvulas de respiración del tanque de techo desplazable de control de volumen y de techo fijo deberán levantarse momentáneamente para chequear cualquier torcedura o pegadura. Si un parallamas es requerido por las autoridades, para ser usado en conjunto con estas válvulas de respiración, las tapaderas deben removerse frecuentemente y las aberturas deberán limpiarse.

Las escotillas de medición, la tubería de vapor, las válvulas y diafragmas de las tuberías de vapor, deberán inspeccionarse y repararse según sea necesario.

Selección de pintura

Los mismos factores que se discutieron para los tanques de techo fijo se aplican a este tipo de tanques.



II.5.4 Tanques de presión

Los tanques de presión son medios de conservación que pueden resistir cambios de presión relativamente grandes sin que se incurra en pérdida. Algunos tanques resisten únicamente las variaciones de presión causadas por los cambios diarios de temperatura, mientras que otros evitan la ebullición de materiales volátiles, tan volátiles como el gas propano. Por lo tanto, los tanques de presión experimentan pérdidas por respiración muy bajas o nulas. Las pérdidas de llenado pueden variar ampliamente según las características del producto, la regulación de las válvulas de ventilación de la tubería de llenado.

Diseño del tanque

Hay dos clases de tanques de presión que se usan generalmente:

- a. Tanques de baja presión
- b. Tanques de alta presión

a. Tanques de baja presión

Estos operan entre 2.5 psi y 15 psi, pueden tolerar únicamente un ligero vacío, corrientemente sólo 1 ó 2 onzas por pulgada cuadrada. Los tanques de baja presión se construyen en muchas formas y tamaños según la variedad de presiones de operación. Algunos tanques de 2.5 psi y 5 psi son esencialmente tanques de techo fijo diseñados con un fondo plano y un techo en forma de cúpula. Este tanque reforzado por medio de una viga circular en la intersección de la caparazón y el techo, y tirante diagonales entre el fondo del tanque y la caparazón del tanque. Otro estilo de tanque de baja presión es el hemisferoidal anudado, se diseña generalmente para una presión de 2.5 psi a 5 psi. Consiste de una caparazón cilíndrica con planchas curvas en la parte superior y el fondo que pueden ser lisas o anudadas.

En el hemisferoidal sencillo, hay vigas anulares en la intersección del techo con la caparazón y la caparazón y el fondo, para que resista la compresión interior en estos puntos cuando el recipiente está sujeto a presión interna.

El tanque esferoide anudado ha sido ampliamente aceptado para presiones de operación que varían hasta 15 psi; las capacidades de almacenamiento varían de 40,000 bbls. a 120,000 bbls. Estos tanques tienen caparazones curvas con tirantes internos y armaduras, y uno o más nudos en el techo y el fondo. Además de la viga anular y los soportes alrededor de la base exterior de la caparazón, unas armaduras internas sostienen la parte curva de la caparazón y los nudos en el techo. Además, una columna central sirve de soporte al techo.

El esferoide esta disponible para una capacidad de almacenamiento hasta de 40,000 bbls. y presiones que varían hasta 30 psi. Los esferoides son lisos en apariencia y no tienen marcos internos.

b. Tanques de alta presión

Estos operan hasta 250 psi o más, el tipo de producto que se utiliza para almacenamiento en estos tanques es el LPG o bien el Gas Propano por su alta volatibilidad su gran presión a la que se encuentran almacenados.

Diseños de los accesorios

Se requieren accesorios herméticos especiales debido a la alta presión. La efectividad y seguridad del equipo depende de una cuidadosa selección de accesorios apropiadamente diseñados.

Mantenimiento del tanque y equipo accesorio

Los tanques de presión deben inspeccionarse frecuentemente para asegurarse de que permanecen herméticos. La rotura del piloto o del diafragma principal de una válvula operada con piloto, puede causar que la válvula se abra a una presión más baja que la normal. La operación de las válvulas deberá revisarse periódicamente. Los diafragmas deberán inspeccionarse para ver si no tienen rajaduras o señales de deterioro, y deberán reemplazarse cuando sea necesario.

Las válvulas de respiración de paletas deberán inspeccionarse más frecuentemente para detectar y corregir la corrosión debido al medio ambiente en que se encuentran.

Si se deben usar parallámas, estos deben inspeccionarse y limpiarse periódicamente para evitar que se obstruyan con la suciedad.

Selección de la pintura

Para reducir al mínimo las variaciones de presión dentro de los tanques, los mismos deberán pintarse con pintura que refleje el calor, es decir de colores claros.

II.6 Fundamentos de calibración de tanques de tierra

Introducción

La calibración de tanques de tierra se define como el proceso de determinación del contenido volumétrico de un tanque por unidad de altura del líquido. La experiencia nos dice que dos tanques no tendrán exactamente la misma capacidad. Por lo tanto no es suficientemente exacto, si deseamos medir el volumen por transferencia de custodia o propósito fiscal, para basar tablas de calibración por dimensiones tomadas directamente de los planos del ingeniero. Lo que debemos hacer es físicamente medir todas las dimensiones relacionadas del tanque y basar nuestros cálculos en los datos reunidos.

Debemos enfatizar que la necesidad para la exactitud en las mediciones de esas dimensiones de un tanque de almacenamiento en la cual afecta su capacidad volumétrica, es suprema en el proceso de calibración. Aun en errores pequeños, en estas dimensiones pueden estar reflejadas en errores de gran significado en volumen como está indicado por las tablas de capacidad final y esto a su vez introducirá un error sistemático o vías en el calculo de cantidades dadas dentro o fuera del tanque en cuestión.

Si bien éstos podrían ser pequeños cuando considerados en un porcentaje base, ellos pueden subir a una cantidad considerable de producto ya sea de sobre entrega o sub-entrega, si miramos desde un período contable extendido, por ejemplo de 3 a 6 meses. Es por lo tanto esencial que la etapa de medición física de calibración de tanque debe ser tomada por operadores experimentados y sabedores, quienes aprecian completamente el significado de lo que ellos están haciendo y quienes harán todo lo posible por restringir cualquier error al azar hecho a un mínimo absoluto.

La mayoría de los tanques de tierra usados para el almacenamiento de productos del petróleo, están en la forma de cilindros verticales y por esta razón la mayor parte de este punto estará enfocada a las diversas disciplinas empleadas en la medición física de tales recipientes. Debe ser enfatizado de tal forma, que antes de cualquier calibración del tanque sea ensayada, el calibrador debe asegurarse que el tanque ha sido llenado al menos con líquido de una densidad igual o mayor de la densidad que tendrá el producto para el cual se construyó dicho tanque; de esta manera sabremos si el tanque soporta bien cualquier deformación que se pueda presentar con esta prueba de mayor peso. Es generalmente aceptado que el ensayo de agua (hidrostática) normalmente se llevará a cabo por el fabricante del tanque después de la construcción completa.

Existen varios métodos para llevar a cabo la calibración de estos tanques, entre estos podemos mencionar los siguientes:

- a. Método de diámetros internos**
- b. Método de strapping externo**
- c. Método línea de referencia óptica**
- d. Calibración del piso**
- e. Deducciones**
- f. Techos flotantes**

a. Método de diámetros internos

Consiste esencialmente en tomar medidas sobre puntos diametralmente opuestos a tres niveles en cada anillo. Los niveles en los cuales se toman estas medidas varían, según la forma en la cual el tanque ha sido construido.

Para tanques remachados, el nivel al fondo debe estar a 15 cm. (6") sobre el traslape horizontal entre los anillos, en la mitad de cada anillo, unos 15 cm. bajo el traslape horizontal en el tope de cada anillo. Para tanques soldados, las medidas de tope y donde para cada anillo deben ser tomadas a una distancia de 30 cm. sobre o bajo las soldaduras horizontales y la medida media permanece en la misma posición. Este se aplica para cada anillo sobre el tanque.

Sin embargo, mientras más grande sea el tanque más grande será el número de diámetros que se requiera, pero el número preciso queda a juicio del calibrador. Esto es claramente una razón más del porqué solamente los operadores con experiencias deberían ser confiados a este tipo de trabajo. El código solamente dice, "Tres es el número mínimo de diámetros permisible en cada nivel".

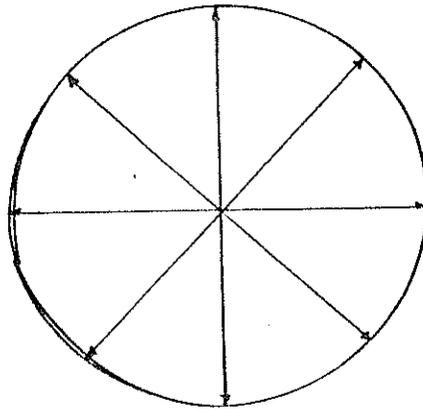
El equipo usado para medir los diámetros del tanque generalmente toman forma de cinta de acero, 13 o 16 mm. en anchura. Tal cinta debería ser claramente marcada con la temperatura en la cual se certifica exactitud, normalmente 15 a 20 grados centígrados, para cintas métricas y 60 grados para aquellas graduadas en pies y pulgadas. Por esta razón, la temperatura ambiente se debe tener en cuenta cuando se usa este método de calibración y una corrección apropiada de temperatura aplicada a la etapa en que se calcularon.

La otra información que indudablemente debe ser marcada sobre la cinta es la tensión en la cual se certifica exactitud. Esto es típico en una tensión de 4.5 kg. (10 lbs). Sin embargo, es esencial que nos aseguremos de que la cinta esté tensionada en la misma forma que cuando estamos tomando nuestras mediciones, y esto se lleva a cabo con el uso de un dinamómetro. Este consiste de una balanza de resorte encajada en un estuche conveniente con agarrador, algunas aletas colocadas y un zumbador, campana o luz. Las aletas colocadas están agarradas contra la pared del tanque, y cuando existe una tensión suficiente en la cinta de medición (la cual está extendida a través del tanque a la pared opuesta) entonces el zumbador, campana o luz se activa. Se puede tomar entonces la medición, así como asegurar que la longitud actual de la cinta es exacta, el dinamómetro también sirve para otros propósitos muy útiles. Claramente, no se puede esperar el asumir una posición perfectamente horizontal a 20 metros de longitud de cinta cuando está extendido diametralmente a través de un tanque. Inevitablemente se desarrollara una comba y se debe poder calcular exactamente el valor de esta comba y verificar por lo tanto nuestras medidas observadas. Esto es posible conociendo la tensión en la cinta (definida por el dinamómetro), la longitud de distancia libre involucrada y el peso de la cinta (kg./metro), se puede usar un formulario estándar para calcular la corrección por la comba de la cinta.

Habiendo dicho todo esto, el método de diámetro interno tiene severas limitaciones, las cuales significan que esto no es tan común hoy como lo fue una vez. Para empezar, no

importa cuántos diámetros escojamos para medir; estamos solamente tomando estas medidas entre dos puntos descritos en la pared del tanque. Por esta razón se puede incurrir en errores en nuestros resultados si perdemos un punto en la lámina del tanque donde un valor significativo de distorsión localizada ha ocurrido durante el curso de construcción. Además, la exactitud con la cual podemos estimar la corrección para el flambeo de la cinta, es intolerablemente pobre cuando se trata de medir tanques en excesos de 20 mts. de diámetro, usando este método.

No obstante, para tanques mas pequeños, donde métodos externos no pueden ser empleados por cualquier razón, el método de diámetro interno provee una viable alternativa.



b. Método de strapping externo

En este caso, en vez de medir el diámetro del tanque directamente, como en el caso del método interno, medimos circunferencias y desde ésta calculamos el diámetro interno, teniendo en cuenta el espesor de la lámina y la pintura. Incidentalmente, los diámetros internos así obtenidos serán usados para calcular el área interna de corte transversal en los

niveles apropiados y de ahí la capacidad volumétrica por unidad de altitud del líquido. Los códigos relevantes definen las posiciones donde tiene que tomar las mediciones.

Los tres niveles en los cuales se toman las medidas de los anillos en cada anillo de lamina son similares a las estipuladas por mediciones del diámetro en el método interno.

Para tanques remachados, la medida mas baja es tomada de 10 a 15 cm. (4" - 6") por encima de la linea de remache superior sobre el traslapo inferior, mientras que la medición más alta se toma a la misma distancia por debajo de la linea más baja de remache sobre el traslapo superior, y la tercera medición es tomada a un nivel correspondiente a la mitad del plato. Para tanques soldados, las mediciones más altas y bajas se toman a distancias de 27 - 33 cm. (11" - 12") desde las soldaduras horizontales, con la medición tercera, que es tomada en la mitad del plato como antes.

Estos son los niveles estipulados en el código I.P. en la cual se afirma que todos los anillos del plato deben ser medidos a pesar de todo el tamaño del tanque en cuestión o si el tanque va ser usado o no para transferencias en custodia o mediciones fiscales. El código A.P.I., sin embargo, difiere del código I.P. en este respecto. En este caso, se hace una distinción en los tanques usados solo para movimientos internos dentro de una planta o departamento y los tanques que se usan para movimientos dentro de compañías o departamentos.

En el caso de mas precisión "Estándar de medidas críticas" solamente se requiere una medida por anillo (a una distancia del 20% de la altura del anillo desde la unión superior horizontal), pero esto se debe tomar en cada anillo del plato. En el caso del menos riguroso "control de operación estándar" solamente los tres anillos más bajos y el anillo más alto necesitan ser medidos.

Para calibrar tanques de almacenamiento pequeños, normalmente no es un problema pasar la cinta alrededor del cuerpo del tanque y medir la circunferencia a todos los niveles requeridos. Sin embargo, es difícil hacer este procedimiento por tanques de almacenamiento más grandes.

Cuando se usa el método de medida continua, es costumbre tener dos operadores situados en algún punto conveniente sobre la lámina del tanque (usualmente sobre las escaleras), cada uno jalando la cinta en dirección opuesta. Aun así, a menudo es imposible generar suficiente tensión en la cinta, en un punto diametralmente opuesto a los operadores, para mantener la cinta en una posición totalmente horizontal.

Por esta razón, se necesitan dos operadores más, uno en la baranda del tanque y otro en el piso a una adecuada distancia de la pared del tanque. Cada uno de ellos equipado con una longitud de cuerda, unida simultáneamente por un posicionador de cinta, a través del cual pasa la cinta de medición. Caminando alrededor del tanque, los operadores pueden ajustar la posición de la cinta hasta que tome la forma de un arco perfectamente horizontal. Este puede ser un trabajo muy efectivo, pero sobre cierta circunferencia; aun esta técnica llega a ser muy difícil para realizar efectivamente. Por esta razón, se ha desarrollado un intento modificado de este problema.

Este es el proceso de división de la circunferencia total que va ser medida en una serie de arcos. Lo que inevitablemente implica es que se requiera acceso a la lámina del tanque, en muchas posiciones alrededor de la circunferencia, y en muchos niveles diferentes. Por esta razón, el proceso más común es suspender dos sillas contra maestras desde puntos en o cerca al costado del tanque, en el cual dos operadores puedan ser movidos hacia arriba y hacia abajo de la pared del tanque. Por perforadora, estos aparatos en posiciones apropiadas alrededor de la lámina del tanque, los operadores pueden medir una serie de

arcos en todos los niveles requeridos, regresando eventualmente a su posición inicial. Sumando todos los arcos en el mismo nivel, se dará el total de la circunferencia en ese nivel.

Este segundo método ha probado ser perfectamente aceptable, y dar resultados, los cuales se asemejan en una forma muy cercana a los obtenidos cuando se usa una sola medición continua. Sin embargo, se deberá tener en cuenta que este es un ejercicio potencialmente arriesgado, y ésta es una razón más por la que sólo calibradores con experiencia pueden encargarse de este tipo de trabajo.

El método de strapping externo tiene una ventaja obvia sobre el método de diámetros internos. Mientras la cinta de strapping está en contacto con el cuerpo del tanque cuando se están tomando las medidas, se puede considerar que los dos, están a la misma temperatura. Asumiendo que el material de la cinta y el plato tienen idénticos coeficientes de expansión, síguese que la calibración del tanque, usando el método de strapping, produce una tabla de calibración que es válida en la temperatura estándar de la certificación de la cinta. (15/20/60m grados fahrenheit).

c. Método línea de referencia optica

Como habremos apreciado, el método de strapping externo, si se realiza correctamente, es una forma muy precisa de determinar la capacidad de un tanque almacenador cilíndrico vertical, y por esta razón, se le considera como el método estándar. Sin embargo éste es un método de una intensiva labor, y aun si se toman todas las medidas apropiadas de seguridad, lleva un inevitable elemento de riesgo de seguridad personal de los calibradores.

En gran parte por estas razones, se desarrolló un método rápido y seguro, conocido como el de línea de referencia óptica. Este es un desarrollo lógico desde los más antiguos métodos de línea de referencia, los cuales involucraron el uso de aparatos tales como la plomada. El

equipo que se requiere consiste de una cinta de medición de acero certificada idéntica a la usada para calibración interna y strapping externo, una plomada óptica (la cual es una forma de teodolito diseñado para dar una línea de vista absolutamente vertical), y un montaje de escala movable, consistente de una regla transparente de medidas graduadas montada horizontalmente sobre una vagoneta de guardavías, equipado con fuertes imanes, los cuales retienen el total del montaje estrechamente en contacto con la pared del tanque.

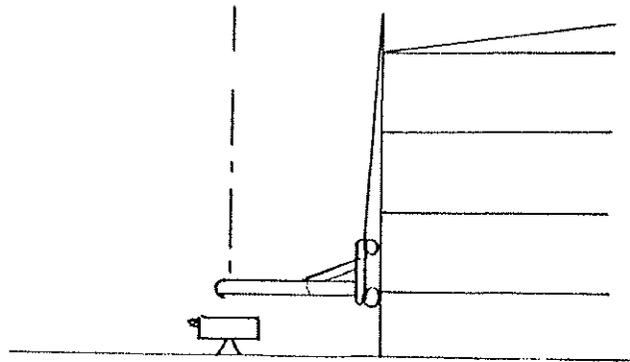
El procedimiento que se adopta en este método es como sigue: primero, el primer anillo será medido con la cinta al nivel donde será tomada la primera medida óptica; después las posiciones son marcadas sobre la circunferencia en iguales intervalos alrededor del tanque. El número de posiciones, o "Estaciones de medición horizontales", es obtenido de la siguiente tabla:

Diámetro del tanque (metros)	Numero mínimo de estaciones
15	8
30	12
50	16
70	20
85	24
100	30
120	36

Habiendo hecho esto, la plomada óptica es montada en la primera estación, con su eje de equilibrio a aproximadamente 20 - 40 cm. de la pared del tanque. El carrito imantado es suspendido desde la parte de arriba del tanque directamente sobre el instrumento óptico. La verticalidad de la línea de vista debe ser chequeada. Esto se hace suspendiendo el montaje de escala movable contra la pared del tanque y corriéndolo al techo del tanque. La regla graduada es entonces mirada a través de la plomada y una lectura tomada contra la retícula

montada. La plomada es girada a lo largo de 180 grados, y la lectura repetida. Las dos lecturas no deben diferir más de 1 mm. o 1/20000 de la altura del tanque.

Una vez que se ha establecido que la plomada está en la posición correcta, el carrito imantado es bajado hasta que la regla esté a la altura de la medición de referencia y se toma la lectura. El carrito es subido a la parte superior del tanque, parando donde sea necesario, para tomar las lecturas subsecuentes en todos los niveles que se requieren, según se muestra en la siguiente figura.



La forma en la cual el cuerpo del tanque se desvía desde la vertical es así definida en la estación de medición. El mismo procedimiento es repetido entonces en cada estación de medición, hasta que toda la circunferencia ha sido superada.

d. Calibración del piso

En el caso de mayoría de tanques cilíndricos verticales, donde cualquier diferencia en el nivel a través del piso del tanque es pequeña cuando se compara con el diámetro del tanque, la forma del piso se determina usualmente usando tubos plásticos llenados con agua. En este procedimiento, se emplean 2 operadores. Uno se coloca en el centro del piso con una regla de 2 metros sostenido en una posición perfectamente vertical. Su compañero se

coloca inicialmente en un punto predeterminado en la pared del tanque. El tiene una regla idéntica y cada hombre sostiene el final del tubo transparente llenado con agua, el cual debería estar libre de retorcimientos, encogimientos y burbujas de aire.

Los niveles de agua en ambos extremos del tubo son comparados con ambas reglas y en esta forma la diferencia en el nivel entre los 2 puntos, sobre los cuales las reglas son posicionadas, pueden ser determinados. Las mediciones son repetidas con el operador que estaba inicialmente en la pared del tanque, que mueve en dirección a su compañero a lo largo de un radio, hasta que los niveles del piso a la largo del radio hayan sido definidos adecuadamente. Este procedimiento es repetido por muchos radios diferentes tanto como se considere necesario. La decisión relativa al número total de puntos en el cual el nivel del piso es medido, depende de los operadores involucrados.

Alternativamente se pueden tomar los niveles a diferentes puntos en el piso, posicionando un teodolito en el centro del tanque y tomando lecturas utilizando un estadal.

Si la forma del piso de un tanque es particularmente irregular, o si el tanque está diseñado en tal forma que las variaciones en el nivel del piso son grandes comparadas con el diámetro del tanque, como por ejemplo, tanques con fondo de cúpula, su volumen es calculado a través de méridas físicas utilizando recipientes, cuyos volúmenes paa llevar un buen control con respecto a el volumen correspondiente a el fondo. En tal caso, debemos recurrir al uso de un medidor exactamente calibrado, a través del cual se puedan medir cantidades de agua dentro del tanque, mientras se toman suficientes medidas frecuentes de la profundidad del líquido en el punto de referencia. Este proceso es continuado hasta que se cubra por entero el fondo del tanque.

Este obviamente va a ser un método más preciso para calibración del piso del tanque, pero el tiempo adicional que se tome hará que este método sea mas caro.

e. Deducciones

Este es un término genérico dado a alguna adecuación del tanque, el cual afecta el total de la capacidad del tanque. Se refiere a "deducciones positivas" cuando el accesorio efectivamente aumenta el total de la capacidad del tanque. Por ejemplo, una típica boca de inspección de tanque podría estar situada cerca del piso del tanque y en lugar de estar situada a ras de la pared del mismo; esto debería estar más comúnmente sostenido afuera desde la pared, por una corta sección cilíndrica del plato. La capacidad de esta sección cilíndrica efectivamente se añade a la capacidad total del tanque, y así esto es un ejemplo de "deducciones positivas".

Por otro lado, los accesorios encontrados dentro del tanque, tales como serpentines de vapor, tubería, escalera, etc., obviamente desplazan líquido. El total de la capacidad del tanque es por lo tanto reducida efectivamente, y éstos son ejemplos claros de "deducciones negativas".

Cuando la calibración del tanque está realizada todo lo de este desplazamiento debe ser medido físicamente y, por lo mismo, es importante que el nivel al cual se desplaza el líquido sea relacionado al nivel al cual el tanque es calibrado, que es el plato de referencia. Si por alguna razón, el acceso al tanque está restringido y si el tanque está lleno de agua o de algún producto, entonces no hay otra alternativa que tomar los detalles de deducciones de los diseños de los ingenieros.

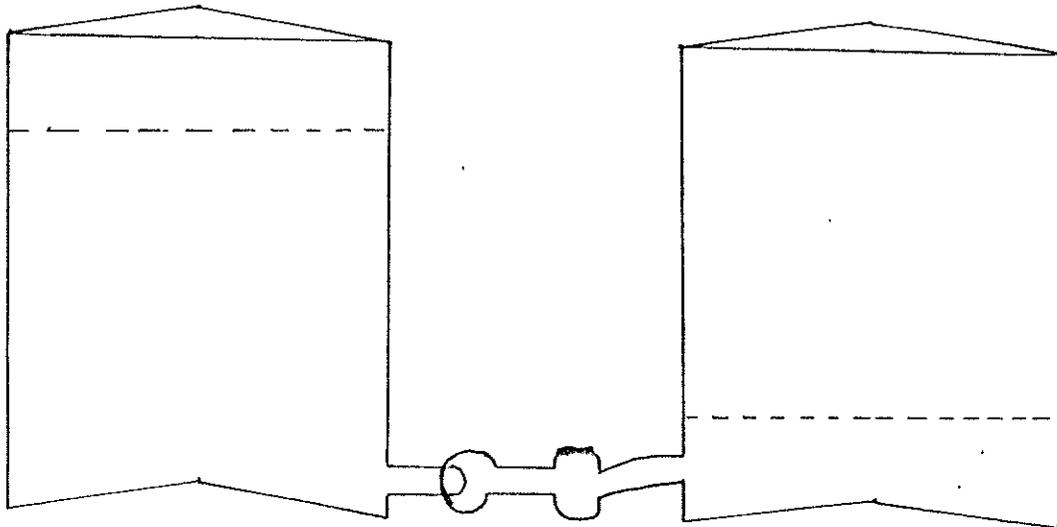
Dicho todo esto, se va a colocar la medición de deducciones dentro de la perspectiva. Hay muchos tanques de tierra en los cuales el volumen total desplazado por deducciones es

equivalente a menos de 1 mm. de altitud del líquido en el cuerpo del tanque. En tal caso, el efecto de ignorar la presencia de deducciones es significativamente más pequeña que los errores de medición hechos aun por el operador más cociente del terminal.

f. Techo flotantes

Es importante tener una estimación exacta del peso de un techo (cúpula) flotante de un tanque en el momento de su calibración, porque éste será utilizado para calcular el volumen de producto desplazado por el techo (conociendo la densidad y a temperatura del producto). El peso puede ser determinado en dos formas. El método más común involucra la medición de cada parte del techo, calculando su volumen, y de éste, su peso. También es necesario definir la forma de la parte baja del techo, especialmente si el tanque será usado en su "zona crítica" donde el producto hace contacto con la parte inferior del techo, pero los soportes del techo están tocando el fondo del tanque. De hecho, no importa como cuidadosamente estas medidas físicas sean tomadas; nunca producirán un resultado totalmente aceptable, porque ellas no tienen en cuenta las distorsiones del techo cuando "se levanta" desde el piso del tanque. Por esta razón, es considerado una muy mala práctica operacional permitir niveles de líquido en tanques de techo flotante dentro de esta "zona crítica" porque la exactitud de la medición se verá severamente afectada.

Un mejor método para calibrar la parte inferior del techo flotante es usando un líquido (generalmente agua) para flotar el techo. Frecuentemente las mediciones del nivel de líquido se toman y se continúa el procedimiento hasta que se pueda demostrar que el techo está completamente a flote. Esto puede ser mejor llevado a cabo observando la posición relativa del techo a las marcas trazadas previamente en el interior del cuerpo del tanque, o alternativamente, asegurándose de que cada una y todos los soportes del techo flotante estén libre del fondo del tanque.



Calibración del piso

II.7 Mediciones de nivel en tanques de tierra

Introducción

La precisión con la cual se determina el volumen del líquido obviamente dependerá directamente de la exactitud con la cual se pueda medir el nivel del líquido.

Aunque esto podría parecerle al observador algo simple, hay muchos factores que considerar, los cuales podrían tener efectos perjudiciales en nuestros resultados; a menos que reconozcamos completamente todos los problemas concernientes y las técnicas que pueden ser empleadas.

A continuación definimos primero algunos términos, luego se consideran las técnicas usadas en la medición del nivel manualmente, y finalmente se miran algunos de los medidores de niveles automáticos más comunes.

Definiciones

Los términos siguientes son los mas usados.

Escotilla de medición

La abertura en la tapa del tanque por medio de la cual se efectúan las operaciones de medición.

Punto de referencia

Un punto claramente marcado en la escotilla de medición que indique la posición desde la cual se llevara a cabo la medición.

Punto de medición

Un punto en o cerca al fondo de un tanque, que es tocado por la pesa de la cinta durante la medición y desde el cual está siendo tomada la medida de profundidad del producto.

La altura de referencia

Es la distancia desde el punto de referencia hasta el punto de medición.

Plato de medición

Un plato de golpe posicionado bajo la escotilla y unido a el fondo del tanque (o extendiéndose desde el cuerpo del tanque) así que el punto de medición se eleva por encima del fondo del tanque.

Corte

La línea de demarcación en la escala de medición hecha por el líquido que está siendo medido.

Medida a fondo (innage/dip)

La profundidad de líquido en un tanque, medido desde la superficie del líquido hasta el punto de medición.

Medición en vacío (ullage/outage)

La distancia desde el punto de referencia hasta la superficie del líquido en un tanque.

Cinta de medición

Una cinta de acero graduada usada para medición de la profundidad del producto en un tanque, ya sea directamente por sonda o indirectamente al vacío.

Pesa para la cinta de medición

Una pesa adjunta a la cinta de medición de acero, de suficiente peso para mantener la cinta tensa de tal forma que facilite la penetración de cualquier lodo que pueda presentarse en el punto de medición.

Regla de medición (outage rule)

Una regla graduada, la cual, cuando va unida a una cinta de medición normal, facilitara la determinación de la medición al vacío.

Pastas indicadoras de producto

Una pasta que contiene un químico, el cual cambia de color cuando se pone en contacto con los productos derivados del petróleo, y de esa manera indica donde la superficie del líquido corta la cinta de medición, o regla de medida.

Habiendo definido algunos términos, se observará en detalle la medición del nivel manualmente de un tanque en tierra.

Antes de acercarse al tanque

El primer paso para el operador, si no conoce el tanque que va a medir, es referirse a la tabla de calibración del tanque. Este debe ofrecer alguna información valedera, tal como al altura de referencia, la altura máxima de llenado por seguridad y el punto al cual el tanque va a ser medido.

Si ha sido mantenido un archivo de los resultados de medidas recientes tomadas en el tanque, ésta debe ser también escudriñada. Este podría indicar el nivel del líquido aproximadamente que se espera, y por lo tanto ahorra tiempo y problemas en la parte superior del tanque. Sin embargo, el operador no debe aproximarse al tanque con una pre-concepción demasiado rígida en cuanto al nivel del líquido esperado.

Los archivos de la terminal podrían también indicar varios hechos, los cuales podrían afectar la determinación del volumen total presente en el tanque y tubería asociada. Las secciones de la tubería dirigidas hacia y desde los muelles, cambios de mangueras, líneas principales o aun facilidades de cargamento de carro-tanques/ferrocarril, se podría necesitar su inclusión en los cálculos de cantidad, y es por lo tanto importante tener una indicación de sus condiciones (vacío/parte llena/llena). Por supuesto, se deben tomar los pasos para verificar cualquier afirmación respecto a la condición de la tubería, si bien esto no es siempre posible.

En el tanque

Antes de subir las escaleras del tanque, hay muchos accesorios los cuales el operador debe observar. Las válvulas de lado del tanque se deben revisar; las válvulas de entrada y salida del tanque se deben de encontrar bien cerradas. El número del tanque debe ser revisado, se han cometido muchos errores simplemente porque un operador ha medido el tanque equivocado. Si el tanque tiene un medidor de nivel automático colocado en la pared del tanque, éste debe leerse antes de que se haga la medida manual y luego se deben comparar las dos lecturas.

Antes de llevar a cabo la medición, el operador debe de esperar un asentamiento del producto en el tanque de 2 horas como mínimo. El operador experimentado siempre estará en la búsqueda de cualquier otra circunstancia no usual, en la cual pueda afectar de cualquier manera los resultados de la operación de medición del nivel.

Habiendo hecho todos los chequeos apropiados en el nivel de tierra, entonces el operador ascenderá por las escaleras del tanque, se debe ser muy cuidadoso al hacer conexión con tierra en la estructura del tanque manteniéndose siempre agarrado de los pasamanos. Esto es con el fin de prevenir la acumulación de electricidad estática la cual podría dirigirse a un descargue en la forma de una chispa.

Habiendo llegado a la plataforma de la escalera, el operador debe, en el caso de un tanque de techo cónico, examinar visualmente el techo por signos de corrosión excesiva antes de transferir su peso en el techo. Ha habido pocos casos desafortunados de techos, debilitados por corrosión, que se han derrumbado bajo el operador.

Habiendo decidido que es seguro caminar encima del techo, la próxima etapa es localizar el punto correcto desde el cual se pueda medir el tanque. Esto debe estar claramente afirmado en la tabla de calibración, pero no siempre es el caso. Muchos tanques de techo-cónico están ajustados con 5 escotillas de medianos (4 periféricas y 1 fuera-centro), así podría ser obvio de cuál de las escotillas de medición se realiza la medida. En la práctica, rara vez es un problema. Esas escotillas que no son usadas para propósitos de medición son a menudo rígidas, difíciles de abrir y posiblemente selladas con varias capas de pinturas. La escotilla que se va a usar, por otro lado, es a menudo fácil de abrir; el techo alrededor de la escotilla probablemente presentara signos de derrame del producto y debe poseer una superficie antideslizante; esta escotilla a menudo estará situada en posición adyacente a la escalera. Sin embargo, es una buena practica operacional para todos los tanques estar ajustados con una placa de

información, la cual debe establecer claramente el número del tanque, la altura de referencia y el lugar de la escotilla desde donde se deben tomar las mediciones.

Altura de referencia

Habiendo identificado la escotilla de medición correcta, el procedimiento de medición actual se puede empezar. La cinta de medición que se va a usar debe ser de un tipo aprobado, generalmente de acero y 12 mm (1/2") de ancho. Las versiones métricas son usualmente graduados en metros, centímetros y milímetros y son típicamente de 20 metros, 25 metros o 30 metros en longitud. Cualquiera que sea el tipo de cinta que se va a usar, debe estar limpia, seca y libre de corrosión, nudos o empalmes.

Adjunto al fondo de la cinta, usando un arreglo de eslabón tipo gancho o un eslabón tipo cierre, debe estar un peso de bronce semejante. Las dimensiones de éstas están rígidamente definidas en los códigos API/IP/ISO apropiados, pero el criterio esencial respecto a la pareja del peso y de la cinta es que deben ser absolutamente compatibles. En otras palabras, si la escala en la cinta es extrapolada hacia atrás llegando a cero, ésta debe corresponder exactamente al punto cero en la pesa.

Habiendo establecido que nuestra pesa para la cinta de medición y cinta son de diseño aprobado en condición satisfactoria, se puede ahora empezar a bajar la pesa y la cinta a través de la escotilla de medición, asegurando que, en todos los tiempos, se mantiene buen contacto entre la cinta y la escotilla. Esto es para prevenir la posibilidad de descarga de electricidad estática en el espacio de medición al vacío del tanque.

La cinta es desenrollada desde su agarradera o caso, hasta que la pesa haga contacto con el plato de medición. Este debe ser fácilmente sentido por el operador a través de la cinta, pero

en cualquier caso, la cinta puede subir o bajar muchas veces, así que, "el sonido" del plato de medición con el peso, el metal al contacto con el metal debe ser claramente audible.

La altura de referencia observada debe ser comparada entonces con la cifra dada en el plato de información del tanque y/o la tabla de calibración. Se debe apreciar que las dos cifras son casi imposible que sean la misma. Esto es por la distorsión del piso, el cuerpo y el techo que ocurre en cualquier momento que se llena un tanque de tierra con producto. Sin embargo, la discrepancia entre las cifras observadas y anunciadas deben ser pequeñas según la practica, no más de 10 mm (3/8") para los tanques que aun indican la presencia de alguna clase de sedimento, él ocasiona una mérida errónea debido a que ocasiona una obstrucción en cuanto a la medición. Si el problema es el sedimento que aumenta en el piso del tanque, esto se debe indicar por un esponjoso que se sienta y la ausencia de algún sonido audible de metal al contacto, entre la punta de medición y la platina que se utiliza para llevar a cabo esta medición.

Si la obstrucción, sin embargo, es un objeto metálico (eje. una pesa de la cinta de medición, muestreador, termómetro de copa abierta, etc.) entonces es posible que se pierda el tiempo creyendo que el plato de medida está siendo examinado, si no se chequea la altura de referencia. Por esta razón, las lecturas de medición nunca se deben tomar sin revisar al altura de referencia (donde sea posible) al mismo tiempo.

Medida a fondo (sonda)

Habiendo establecido que la lectura de referencia se ha repetido dentro de los límites aceptables, se puede realizar entonces la sonda o medición a fondo del mismo. Habiendo subido o bajado la cinta varias veces para sondear el tanque durante nuestra revisión de la altura de referencia, es claro que el producto probablemente habrá salpicado la cinta, así que el resultado observado es exagerado. Se debe, por lo tanto, retirar la cinta (haciendo nota de la

medida aproximada a la esperada), la cual se seca a un nivel bien bajo del resultado esperado y se repite la operación de medición del tanque, pero rápidamente y con un toque muy suave.

En esta forma, se podría garantizar que la cinta de medición queda totalmente vertical, y la cinta absolutamente tensa, y así se minimiza el riesgo de cualquier ondulación contra la cinta y producir un resultado falso y exagerado:

La cinta debe entonces ser retirada y se lee el corte de la línea. El resultado se debe confirmar por repetición de este procedimiento.

En el caso de productos muy volátiles, tal como las gasolinas de motor de vehículo y gasolina de aviación, se encontrará que el producto ha evaporado de la cinta y el corte ha desaparecido, antes que el operador haya tenido tiempo para retirar la cinta y leer el corte en la misma. En estas circunstancias, se hará necesario usar una pasta para medición. Esta es una pasta química, la cual cambia de color cuando se pone en contacto con sustancia con base de petróleo. Tales pastas siempre deben ser aplicadas escasamente a la cinta en una capa delgada, que no oscurezca las graduaciones y haga difícil la lectura de la cinta. Si una capa es demasiado gruesa, causará también otros problemas, tales como la pasta se corre en la cinta o, aún peor, el producto se sube por la pasta.

Medición en vacío

En la situación donde una obstrucción se está previniendo de la pesa de medición desde la llegada del plato de medida, no es claramente posible la medida a fondo. En estas circunstancias, el operador tomara una forma de alternativa de medición de nivel llamado medidas al vacío.

Este mide la distancia entre el punto de referencia y la superficie del líquido. Las mediciones al vacío pueden ser tomadas a fondo de tanques. La pesa que está unida a la cinta en su forma normal, es bajada lentamente a través de la escotilla de medición, manteniendo el contacto de metal a metal en todo momento. Cuando la pesa entra al líquido, se nota la lectura de la cinta al punto de referencia y la cinta y pesa se retiran.

Se nota la lectura del corte de la pesa. La medición al vacío se calcula por la deducción del corte de líquido de la pesa desde la lectura de la cinta al punto de referencia.

Luego para calcular la lectura de fondo equivalente, tiene que ser realizada una substracción adicional, que es, la medida al vacío debe ser sustraída desde la altura de referencia anunciada. Si deseamos evitar los problemas asociados con la realización de dos substracciones consecutivas en la parte superior del tanque, se puede hacer uso de una regla de medición al vacío. Esta tiene la forma de una barra de bronce, rectangular en sección y ajustada a menudo con una inserción de ebonita a lo largo de una de las caras más anchas. Es usualmente 30 cm/12" en longitud (en comparación a la longitud de la pesa convencional 6"/15cm) y es graduado desde cero (el cual es equivalente a cero en la pesa de medición) bajo de 15cm/6" al final.

Usándose este aparato para medida al vacío, se sigue el mismo procedimiento como se dijo previamente. En este caso, sin embargo, debemos asegurarnos de no sumergir la regla de medida al vacío más allá del punto cero, marcado aproximadamente a lo largo del medio camino de su longitud. La medida al vacío es luego calculada por adición de la línea de corte en la regla de medición al vacío a la lectura observada de la cinta en el punto de referencia.

Mediciones automáticas de niveles

Las terminales en las cuales se instalan medidores automáticos de nivel tienen dos razones principales para hacerlo. Primero, la instalación de medidores automáticos, los cuales pueden ser mostrados para indicar el nivel del líquido suficientemente exacto para habilitar los cálculos de la transferencia de custodia basadas sobre sus lecturas, pueden permitir relativamente un pequeño número de operadores para controlar una gran cantidad de tanques de tierra, especialmente si la provisión es también hecha para operación remota de bombas y válvulas.

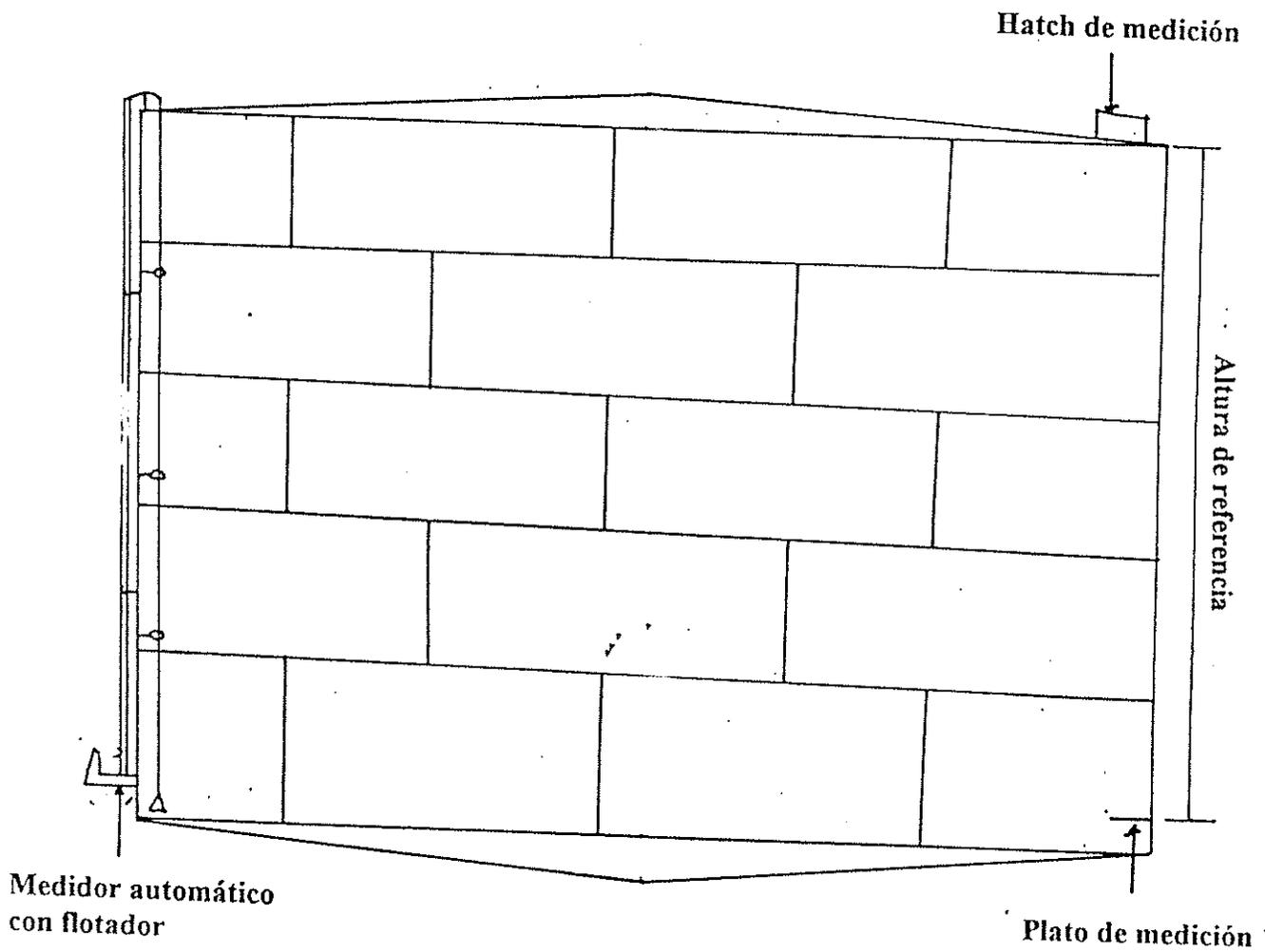
Segundo, los medidores de niveles automáticos tienen la ventaja fundamental sobre los métodos de medición manual, que el nivel de líquido puede ser mostrado continuamente o al menos instantáneamente en el momento requerido. Esto es claramente conveniente si, por ejemplo, se requiere para monitorear la velocidad a la cual los tanques son llenados o vaciados. Además, esto llegaría a ser un asunto simple de revisar que ningún material esté pasando por la válvula ubicada en la pared del tanque, la cual está aparentemente cerrada.

Permítanos ahora considerar los principios de operación de los tipos de medidores de niveles automáticos más comúnmente usados en terminales de almacenamiento de productos derivados del petróleo.

Medidores flotantes operados mecánicamente

Este tipo de medidor ha estado en uso por muchos años y es probablemente más comúnmente usado que otro tipo de medidor automático. El elemento detector toma la forma de un flotador, conectado a una cinta taladrada, con huecos ubicados a intervalos regulares. Esta cinta corre sobre una serie de poleas en la cima del tanque y de allí hacia dentro de un indicador de medida, el cual es generalmente colgado en el cuerpo del tanque cerca a nivel de tierra.

Dentro del indicador del medidor, los huecos en la cinta encajan en un número de dientes en una rueda de cadena antes de enrollarse a un tambor de almacenaje. La cinta es mantenida bajo tensión por medio de un resorte, el cual se desenrolla desde un tambor de almacenaje hasta un tambor de fuerza conectado al tambor de almacenaje de la cinta.



II.8 Medida de agua libre en tanques de tierra

Introducción

De todas las mediciones comúnmente tomadas cuando las cantidades de productos derivados del petróleo están almacenadas en tanques de tierra; a menudo, lo más difícil es la determinación de agua libre en el fondo de los tanques. Si existe alguna duda de que esta medición particular crea más problemas para los operadores que cualquier otro, entonces una mirada al archivo de mediciones del terminal de almacenamiento ilustraría el punto muy bien. Generalmente emergerá una de dos afirmaciones, o los cortes de agua obtenidos variaran considerablemente en tal forma que no pueden reflejar posiblemente las cantidades verdaderas de agua libre en los fondos del tanque (por ejemplo: más agua encontrada dentro de un tanque que la que dice la medida debido a sus irregularidades físicas en el fondo); o bien mantener siempre la misma medida de agua para así tener registrado el volumen consistentes, (usualmente indicando que una medida tomada algún tiempo antes ha sido copiada para todas las operaciones de medidas posteriores). Aunque éste podría parecer ser un vistazo en forma cínica en una operación típica en un terminal, tales situaciones sí existen comúnmente y esperamos obtener resultados erróneos, al menos para que los peligros latentes sean entendidos y que se empleen técnicas apropiadas.

Equipos

La medición de agua libre puede ser, y a menudo entendida, usando una pesa y una cinta estándar del tipo usado para mediciones de nivel manual. Claramente, para la mayoría de productos derivados del petróleo antes y después de que la medición misma sea tomada. Por esta razón, se usa una pasta química aplicada a la pesa (conocida como pasta detectora de agua), la cual cambia el color en contacto con el agua, para detectar la presencia de agua libre en el fondo del tanque. Muchos productos disponibles son apropiados, aunque algunos son

más preferidos que otros; el factor más importante es el cambio de color que debería ser distinto y reconocido inmediatamente.

La pasta debe ser aplicada en una capa delgada y de modo uniforme, sobre o cerca de las graduaciones, asegurándose de que la escala pueda ser fácilmente leída. Capas demasiado espesas pueden causar otros problemas, aparte del oscurecimiento de las graduaciones.

En el caso de que se presente suficiente agua libre para cubrir completamente la pesa estandar en posición vertical, puede ser adherida una pieza alternativa de equipo a la cinta de medición normal. La regla para detectar agua es normalmente 30 cm (12") de longitud y graduada desde el fondo a la parte superior. Por lo tanto, no es similar a la regla de medidas al vacío y nunca debe confundirse con esta.

Procedimiento

La técnica utilizada será la misma si utiliza una cinta normal y pesa o una cinta adaptada con una regla para detectar agua. Primero, el operador deberá asegurarse de que el equipo que va ser usado está completamente limpio y seco. Si aplicara la pasta detectora de agua sobre una película de grasa o aceite, éste no se adherirá correctamente a la pesa o regla y será removido inmediatamente cuando el equipo es bajado dentro del producto. El deberá aplicar la pasta en una capa delgada y bajar el equipo en el tanque mientras que la pesa o regla toca ligeramente el plato de medición. Deberá mantener la cinta y pesa en una posición vertical y permitirá suficiente tiempo para que la pasta detectora reaccione con cualquier agua libre en el fondo del tanque.

Si la pasta tiene que reaccionar con cualquier agua libre presente el tiempo de sumersión, ésta debe de variar según la naturaleza del contenido del tanque. Se requiere más tiempo cuando el

producto es más viscoso y con productos ligeros como la gasolina el tiempo de reacción es casi instantáneo. Cuando el operador está satisfecho de que la pasta ha tenido suficiente tiempo para reaccionar, el equipo puede ser retirado del tanque y la medición del nivel del agua, tomada. En el caso de tanques que contienen productos oscuros será necesario utilizar un solvente para remover el aceite negro adherido a la regla. Como en el caso de la medición del nivel de producto, es fuertemente recomendado que se repitan las mediciones para determinar el nivel de agua libre.

Manteniendo agua en el fondo del tanque

Algunas terminales deliberadamente mantienen una cierta cantidad de agua libre en los fondos de sus tanques, por varias razones. Por ejemplo, el método de electrodo de sacrificio para minimizar la corrosión del piso y lámina del tanque, solamente funciona si el electrodo está sumergido en agua. Sin embargo, la gente que tienen interés en el mejoramiento de la exactitud de la medición de cantidades de líquidos en granel, tiene un argumento muy fuerte en favor del mantenimiento del agua en los fondos de los tanques. Si el piso está completamente cubierto por el agua, el producto es contenido y medido en la parte del tanque que está calibrado más exacto.

El agua limpia siempre reacciona bien con la pasta detectora de agua. Sin embargo, el agua presente en el fondo de la mayoría de tanques de tierra, tal vez ha sido mantenida ahí por semanas, meses o años. La contaminación que tiene el agua libre con sedimento, lodo, óxido, etc., tiene tendencia a disminuir la velocidad a la cual la pasta reacciona, entonces el operador debe cambiar su técnica de acuerdo con esta situación. Por supuesto, se puede limpiar el agua drenando un poco el agua sucia y sustituyéndola con agua limpia.

Medida de temperatura

La mayor cantidad de error en cuanto a temperatura que debemos de tener en una medida debe de ser de 1 grado centígrado; el propósito de este punto es explicar los orígenes más comunes de tales errores, y confiadamente, sugiere maneras en que pueden minimizarse.

Tipos de termómetros:

Termómetros de copa-abierta y copa-cerrada

Termómetros electrónicos

Termómetros de copa-abierta y copa-cerrada:

EL termómetro copa-abierta ("cup-case") es una pieza de equipo más común que se usa para medir la temperatura de productos derivados del petróleo como gasolinas, almacenados en tanques de tierra. Este aparato, consiste normalmente de un cuerpo de madera dura, unida a la parte inferior con una copa de 100 ml de capacidad fabricada de metal no-chispeante, como el bronce. Atornillada a la cara del cuerpo de madera dura, para que el bulbo llegue hasta la copa, es un termómetro de mercurio en vidrio y aquellos generalmente usados se graduarán en intervalos de 1/2 grado centígrado ó 1 grado fahrenheit.

En la práctica, éstos son a menudo suspendidos en tanques de tierra, de manera que queden sumergidos en el producto todo el tiempo, excepto, por supuesto, cuando se leen. Esto elimina la necesidad de que el operador lleve consigo cualquier equipo de medición de temperatura, y también asegura que no pierda tiempo esperando que el termómetro estabilice la temperatura del contenido del tanque.

Después de exponer todo esto, hay un aspecto con el diseño del termómetro que lo hace inapropiado para usar cuando se mide temperaturas de líquidos en tanques de tierra, los cuales no están llenos del producto. El hecho es que la liviandad del instrumento, el cual debe

considerarse como una ventaja desde el punto de vista del operador, que a pesar de esto, actúa como un obstáculo claro para hacer la medición de temperatura exacta.

Debido a su construcción liviana, el propio aparato tiene una capacidad termal relativamente pequeña. Además, la copa solo sostiene 100 ml. de líquido cuando está llena. Tal volumen también tiene una capacidad termal baja. Esta claro, que el montaje del termómetro y los contenidos de la copa, pueden rápidamente estabilizarse a la temperatura del tanque después de la inmersión, especialmente si el aparato se alza y baja varias veces para ayudar a este proceso. Sin embargo, está igualmente claro que en un tanque no completamente lleno hay gran oportunidad para que la temperatura del montaje y de la copa cambien, mientras el aparato es halado a través del espacio del vacío, antes de leer el termómetro. Este proceso se acelerará, si el derrame se permite, mientras el aparato se alza, ya que si se derrama líquido de la copa, éste correrá afuera, evaporándose y en consecuencia enfriando el contenido de la copa, debido a la necesidad de un calor latente al darse durante el proceso de evaporación.

Termómetros Digitales

El uso de termómetros electrónicos portátiles producidos por fabricantes como AWR, ERGON, HERMETIC, MMC, WHESSOE, etc. han llegado a ser muy populares. Estos equipos tienen una ventaja sobre los otros termómetros que hemos discutido hasta ahora, la cual es que el elemento sensor está dentro del líquido cuando tomamos la lectura. Esto es especialmente ventajoso cuando tomamos temperaturas en tanques que contienen productos calientes.

Se recomienda que los termómetros deben de ser chequeados y calibrados antes de cada operación en un baño de temperatura constante, en un laboratorio, contra un termómetro de mercurio en vidrio certificado, también debe de tener cuidado de asegurar que las pilas serán reemplazadas una vez que empiezan a fallar.

Cuando un tanque de almacenamiento contiene menos de 10' de producto, se deben tomar tres medidas de temperatura en los puntos medios de los niveles superior, inferior y medio de la columna del líquido. Para tanques con capacidad menos a 5000 bbls, con una lectura de temperatura es suficiente para registrar la temperatura.

II.9 Inspección del tanque

Los siguientes son los procedimientos que se recomiendan para calcular la pérdida por evaporación. Si los cálculos han de hacerse para un tanque existente, el equipo deberá inspeccionarse cuidadosamente primero. A continuación se da una muestra de la inspección y datos:

LISTA DE REVISION

1. Tanque No.
2. Producto
3. Fecha de inspección
Informe de inspección
4. Tipo de tanque
 - a. Techo cónico
 - b. Techo flotante (de sello sencillo o doble)
 - c. Presión
 - d. Espacio de vapor variable
5. Tamaño (diámetro y altura)
6. Techo cónico
 - a. Construcción
 1. Soldado
 2. Remachado
 3. No-hermético

- b. Tiene en el techo agujeros o aberturas que puedan necesitar reparación.
 - c. Existe evidencia de fugas en:
 - 1. Los aleros del techo
 - 2. Las soldaduras de las planchas de la caparazón o cuerpo cilíndrico
 - 3. Forro de la cámara de espuma
 - 4. Diafragma de la cámara de espuma
 - 5. Fondo del tanque
 - 6. Conexiones y válvulas del tanque
 - d. Es la condición del techo buena, regular o mala?
 - e. Recomendaría usted el reemplazo del techo?
 - f. Es la válvula de tipo abierto o de vacío y presión?
 - g. Está la abertura de medición hermética?
 - h. Enumérense otros accesorios e indíquense si son herméticos:
 - 1. Medidor (Revísese contra lectura manual)
 - 2. Cable de maniobra
 - i. De qué color es el techo?
 - j. En qué condición está la pintura del techo?
 - k. Es la condición de la válvula de vacío y presión buena, regular o mala?
7. Tanque de techo flotante
- a. Existe evidencia de daño al sello principal?
 - b. Están los sellos apretados? Si no, determínese el ancho y largo del espacio o espacios alrededor de la circunferencia del tanque.
 - c.Cuál es la condición del sello de vapor de tela?
 - d. Se necesitan otras reparaciones?
8. Tanques de presión o respiración
- a. Indíquese cualquier evidencia de derrame del techo o cuerpo cilíndrico.
 - b. Están los accesorios en buenas condiciones? Si no, explique.

9. Está la referencia del tanque bien marcada?
10. La altura de medición esta igual a la de los registros de la planta?
11. Pierde agua el tanque?
12. Hay una tabla de calibración disponible?
13. Fecha de calibración.

Otros datos Requeridos para cálculos

14. PRV del producto a 100 grados farenheit
15. Pendiente del producto (curva de destilación ASTM en el punto del 10%)
16. Vacío promedio del tanque _____ pies.
17. Promedio temperatura del producto _____ grados farenheit.
18. Ratas de bombeo (galones por minuto)
 - a. Entrada
 - b. Salida
19. Extracciones del tanque _____ bbls/año
20. Promedio diario de cambio de temperatura ambiente
21. Promedio anual de la velocidad del viento.

CAPITULO III

PERDIDAS

III.1 Pérdida por evaporación

Pérdida por evaporación es el proceso natural por medio del cual un líquido se convierte en vapor que subsiguientemente se pierde en la atmósfera. El líquido podrá estar descubierto o tapado en un envase o depósito tal como un tanque de petróleo. Por definición, la pérdida por evaporación ocurre únicamente cuando los vapores llegan a la atmósfera.

III.2 Pérdida por respiración

Los vapores expulsados de un tanque debido a la expansión térmica de los vapores existentes, y/o expansión debida a cambios barométricos de presión, y/o un aumento en la cantidad del vapor de vaporización agregada en ausencia de un cambio a nivel-líquido, excepto la que resulta de la ebullición, se define como pérdida por respiración. El término "vapor" se usa aquí para denotar cualquier mezcla de vapor de hidrocarburo y aire. El término "vapor de hidrocarburo" se refiere a hidrocarburos en estado gaseoso, independientes de la presencia o ausencia de aire.

La pérdida por respiración ocurre en la mayoría de los diferentes tipos de tanques, cuando se exceden los límites de cambios de presión o volumen. Los tanques de techo fijo, a que nos referimos aquí como tanques de almacenamiento corrientes, diseñados para unas pulgadas por respiración. Los tanques protegidos para evitar una pérdida o aumento de calor por medio de una capa reflectora, subterránea, aislamiento, o sombra, experimentan menos pérdidas por respiración. Los tanques de presión que operan a 2 1/2 psi o más, normalmente experimentan pérdidas relativamente pequeñas o ninguna pérdida por respiración. Los tanques de techo flotante casi eliminan los espacios de vapor y permiten pérdidas relativamente pequeñas o ninguna pérdida por respiración a través de los sellos.

III.3 Pérdida por almacenamiento estático

El vapor de los tanques, que resulta de otras causas que no sean respiración o cambio en el nivel líquido, se define como pérdida por almacenamiento estático. Para los tanques de techo flotante, la mayor causa de pérdida de almacenamiento estático se atribuye a la colocación impropia del sello y la base del tanque. Esta condición expone parte de la superficie del líquido a la atmósfera; el viento afecta esta pérdida. Además, una pequeña cantidad de vapor puede penetrar a través de la membrana flexible que sella el espacio entre la base y el techo. La penetración de las membranas flexibles, o absorción en los sellos de líquidos, pueden también ser una causa de pérdida de almacenamiento estático como el escape de vapor a través del agujero para el manómetro, aberturas, casquillos, válvulas y/o accesorios.

III.4 Pérdida por humedad

La vaporización del líquido de una pared de tanque húmedo, expuesta cuando un techo flotante se baja por el retiro del líquido, se define como pérdida por humedad. Esta pérdida por evaporación es pequeña.

III.5 Pérdida de llenado

Los vapores expulsados del tanque como resultado del llenado, sin tomar en cuenta el mecanismo exacto por medio del cual se producen los vapores, son comunes a todos los tipos de tanques excepto los tanques de techo flotante y el almacenamiento a presión de sistema cerrado, tal como el que se usa para gas de petróleo licuado (LPG).

Esto ocurre cuando la presión dentro del tanque excede la presión de alivio. Para los tanques de techo fijo, la presión de alivio es baja, por lo tanto la pérdida de llenado de los tanques de presión y de espacio de vapor variable es menor debido a que estos tanques tienen una capacidad adicional de almacenamiento de vapor.

El tanque de presión también fomenta la condensación de los vapores de hidrocarburo durante el llenado.

III.6 Pérdida de vaciado

Los vapores expulsados del tanque después de que el líquido se retira se definen como pérdida de vaciado. Debido a la lentitud en la vaporización después de la expansión del espacio de vapor durante el retiro, la presión parcial del vapor del hidrocarburo baja. Suficiente aire entra durante el retiro, para mantener la presión total a la presión atmosférica. Cuando la vaporización dentro del aire alcanza el equilibrio, el volumen del vapor excede la capacidad del espacio que contiene vapor. Este aumento en el volumen del vapor causa la expulsión.

La pérdida de vaciado es común en todos los tanques, excepto el tanque de techo flotante y el de almacenamiento de sistema cerrado a presión. Los tanques de techo fijo son más vulnerables a esta pérdida. Los tanques de presión y los tanques de espacio de vapor variable están menos sujetos a esta pérdida, pero la sufrirán si la capacidad de almacenamiento de vapor excede.

III.7 Pérdida por ebullición

El vapor expulsado de un tanque como resultado de ebullición del líquido arbitrariamente se ha llamado pérdida por ebullición. El tanque de techo fijo está más sujeto a esta pérdida que el tanque de presión. El tanque de techo flotante tipo "cacerola" (pan - type) es especialmente vulnerable a este tipo de pérdida.

III.8 Factores que afectan la pérdida por evaporación.

Factores básicos

Para obtener la evaporación de un líquido volátil, hay dos, y únicamente dos factores esenciales:

1. Debe suministrarse al líquido el calor de vaporización necesario.
2. El vapor desarrollado deberá removerse del espacio del vapor y no deberá permitírsele que se acumule.

III.9 Aplicación de los factores básicos a las operaciones

La cantidad total de pérdida por evaporación depende de la proporción de la pérdida y el período de tiempo. Los factores principales que afectan la proporción de la pérdida son:

- La presión real del vapor del líquido
- Los cambios de temperatura en el tanque
- Las extracciones del tanque
- El diámetro del tanque
- El tipo de tanque.

III.9.1 Presión real del vapor líquido

La presión del vapor afecta la proporción de la pérdida porque es la fuerza básica que causa la vaporización. La misma varía con la composición y la temperatura del líquido. La presión real de vapor a la temperatura de almacenamiento es muy importante. Para mezclas de hidrocarburos, esta presión disminuye con la evaporación debido al cambio en la composición del líquido. La presión real del vapor usualmente se determina de las correlaciones, relacionándola con la Presión Reid de Vapor (PRV).

El efecto de la presión real del vapor sobre la proporción de pérdida por respiración de un tanque de techo fijo, comprende por lo menos dos consideraciones internas, la concentración de saturación y el factor de difusión y convección. La concentración máxima de hidrocarburos que puede estar presente en el vapor expelido, conocida como concentración de saturación, aumenta en proporción directa a la presión real del vapor. De ello se deduce que si los vapores ventilados estuvieran completamente saturados, la pérdida

por evaporación aumentaría rápidamente a medida que la presión real del vapor se aproximara a la presión aliviadora del tanque (condición de ebullición). Sin embargo, la difusión y convección del vapor de hidrocarburo de la superficie del líquido a través del espacio de vapor son muy lentas para saturarlo completamente. La experiencia demuestra que los vapores ventilados durante la respiración normal son saturados generalmente de 80% a 90%. De esta manera, la fuerza accionante para sobrepasar la resistencia a los factores de difusión y convección a través del espacio de vapor es uno de los factores contralores. Tal fuerza puede decirse que es la presión real de vapor del líquido, menos la presión parcial de los hidrocarburos en el espacio de vapor. A medida que la presión real del vapor aumenta, la fuerza aumentará en proporción directa, si el porcentaje de saturación en el espacio de vapor permanece constante. De manera que, tanto la consideración de la saturación, como la consideración de la difusión y convección sugieren que la pérdida real es por lo menos directamente proporcional al aumento de la presión real del vapor.

Las pérdidas por llenado o vaciado de los tanques de techo fijo son directamente proporcionales al incremento de presión real de vapor debido a la relación entre la presión real del vapor y la concentración de saturación.

Este concepto no es aplicable cuando la presión real del vapor excede la presión absoluta del tanque debido a que ocurre ebullición y las pérdidas pueden ser grandes. De esta manera, el principal factor de control es la entrada de calor.

III.9.2 Cambios de temperatura en el tanque

Los cambios internos de temperatura causados, por el calor atmosférico y solar, hacen que el espacio de vapor del tanque respire. Durante el día, el calor que pasó por el techo y las paredes superiores aumenta la temperatura del vapor y expande el volumen. El puro efecto termal se aumenta por vaporización de hidrocarburos del contenido del tanque durante el

mismo período. La entrada de calor puede también aumentar la temperatura de la superficie del líquido y acelerar la vaporización. En la noche, procesos contrarios reducen el vapor y causan una entrada de aire.

El calor atmosférico y solar también causa convección forzada en el espacio de vapor que promueve la evaporación de la superficie del líquido y ayuda en la dispersión del vapor de hidrocarburo.

III.10 Forma de cálculo de pérdidas por respiración en tanques verticales de techo fijo

Fecha _____ Localizado en _____

1. Tanque No. _____ 2. Producto almacenado _____

3. Presión reid de vapor _____

4. Promedio del cambio diario de temperatura atmosférica en grados fahrenheit _____

(Puede obtenerse de la oficina del gobierno)

5 Factor de pintura (Fp) _____

6. Altura del tanque en pies _____

7. Promedio de la altura de vacío en pies (H) _____

(Altura del tanque menos promedio diario de la altura del líquido)

8. Promedio de temperatura del producto en grados fahrenheit (Tp) _____

9. Presión real de vapor en psi (P) _____

(Puede obtenerse de la gráfica para determinar la presión real de vapor)

10. Diámetro del tanque en pies (D) _____

11. Pérdidas por respiración en barriles por año (Ly) _____

III.11 Cálculo de pérdida por respiración para tanques horizontales sobre superficie

Fecha _____ Localizado en _____

1. Tanque No. _____ 2. Producto almacenado _____

3. Presión reid de vapor _____

4. Cambio promedio de temperatura atmosférica en grados fahrenheit (T_a) _____
(Puede obtenerse de la Oficina de Gobierno)

5. Factor de pintura (F_p) _____

6. Presión Real de Vapor en psi (P) _____

7. Promedio de la temperatura del producto en grados fahrenheit (T_p) _____
(Deberá promediarse de la temperatura del tanque tomada en el día)

8. Diámetro del tanque en pies _____

9. Longitud del tanque en pies _____

10. Altura de vacío del tanque en pies (H) _____

NOTA: debido a que las gráficas que determinan las pérdidas por respiración son sólo usadas para tanques verticales de techo fijo, será necesario encontrar lo siguiente:

11. Diámetro equivalente en pies de un tánque vertical, el cual debe tener un área de superficie de líquido igual que la superficie que forma el nivel del líquido en el tanque horizontal. _____

12. La altura (H) de vacío equivalente en pies al de un tanque vertical con el mismo volumen de vapor (V) que el tanque horizontal _____

III.12 Forma de cálculo de pérdidas por llenado para tanques verticales de techo fijo o tanques horizontales.

Fecha _____ Localizado en _____

1. Tanque No. _____ 2. Producto almacenado _____

3. Capacidad del tanque (bbls.) _____

4. Entradas anuales (bbls.) _____

(Volumen total bombeado al tanque por un año, tomado del registro de plantas)

5. Número de llenados por año _____

(Entradas anuales divididas entre la capacidad del tanque)

6. Presión real de vapor (psi) _____

(Puede obtenerse de la gráfica para determinar la presión real de vapor)

7. Pérdida de llenado (bbls./año) _____

NOTA:

Usar los reglones 4, 5, 6 y 7 en la gráfica de pérdidas de llenado para determinar las pérdidas de tanques verticales de techo fijo o para tanques horizontales.

III.13 Cálculo de pérdidas de producto sin movimiento en tanques de techo flotante.

Fecha _____ planta _____ Localizada en _____

1. Tanque No. _____ 2. Producto amacenado _____

3. Presión Reid de vapor (psi) _____

4. Promedio de la temperatura del producto en grados farenheit _____
(Puede obtenerse de las lecturas diarias)

5. Presión real de vapor (psi) _____
(Puede obtenerse de la gráfica para determinar presión real del vapor)

6. Promedio de velocidad del viento (mph) _____
(Ver publicación de datos climatológicos de la Oficina Específica del Gobierno)

7. Diámetro del tanque en pies _____

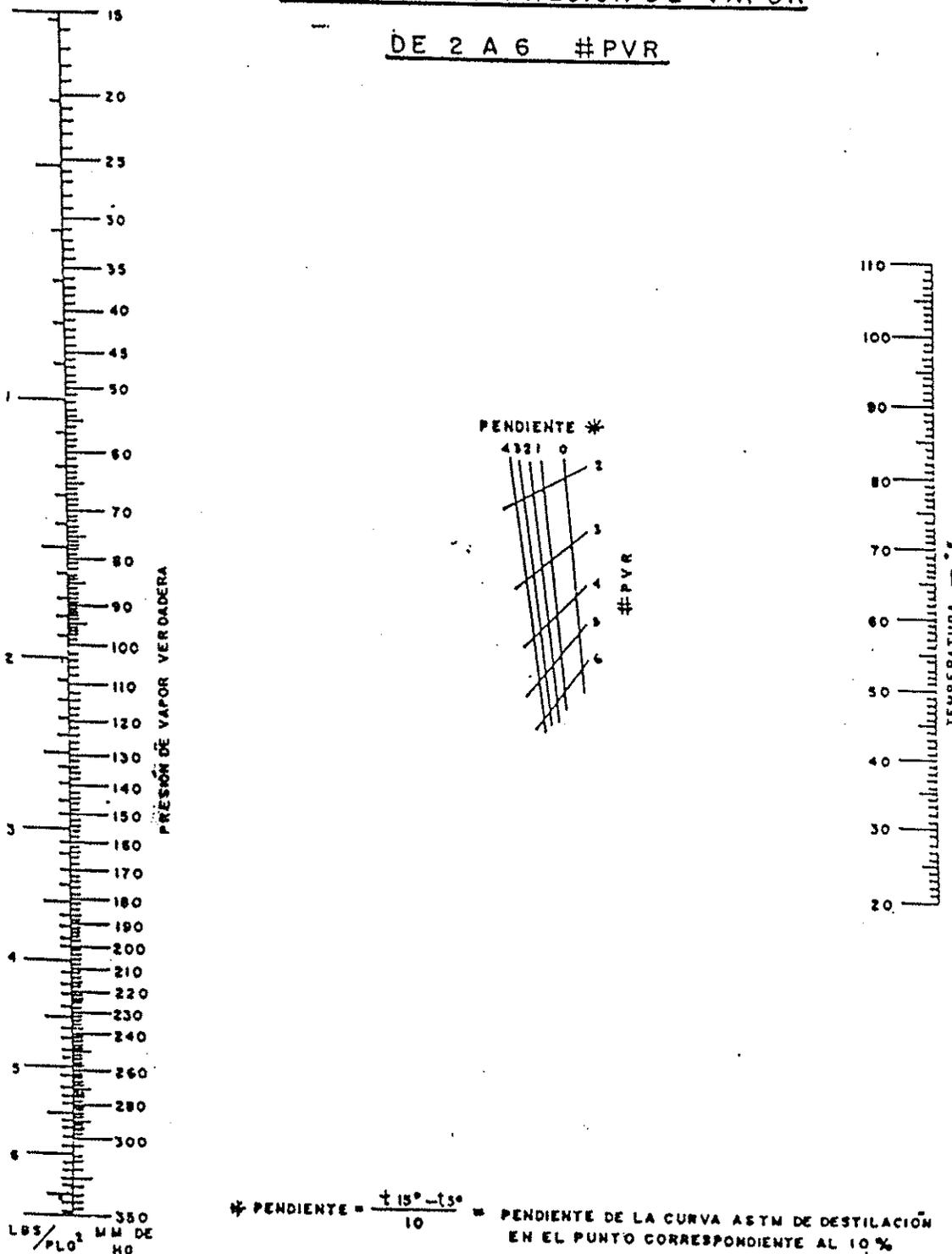
8. Factor de pérdida _____

9. Factor de multiplicación _____

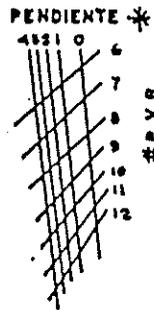
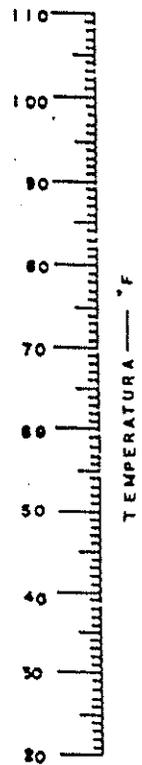
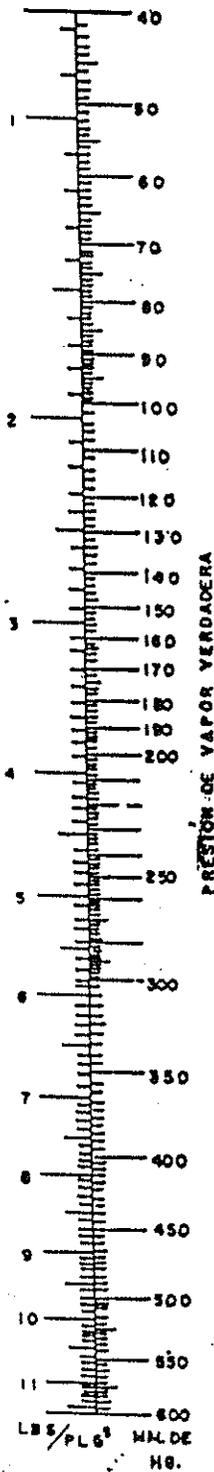
10. Pérdidas ajustadas en barriles por año _____

NAPHTAS CON PRESIÓN DE VAPOR

DE 2 A 6 #PVR



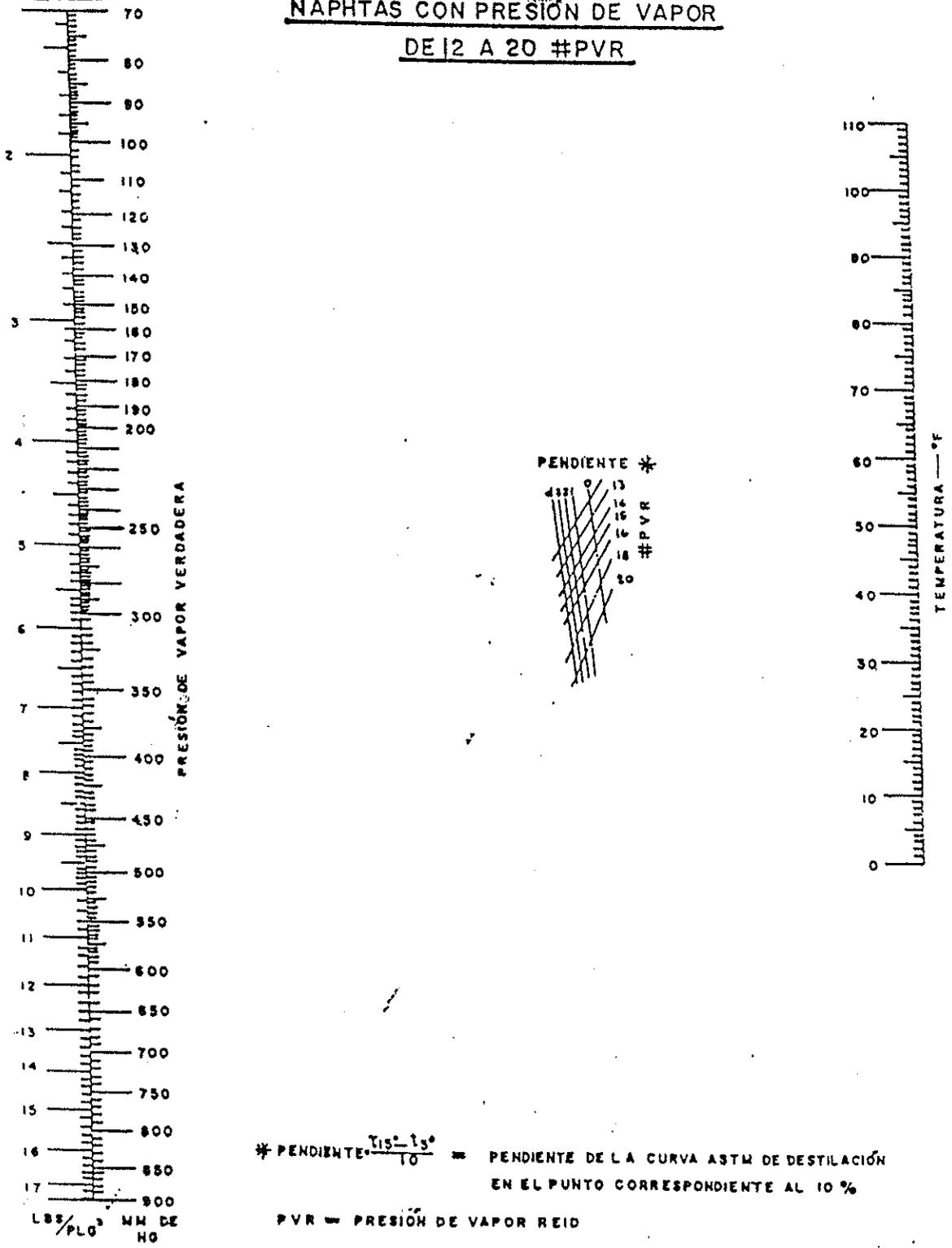
NAPHTAS CON PRESIÓN DE VAPOR
DE 6 A 12 #PVR



* PENDIENTE = $\frac{T_{10} - T_0}{10}$ = PENDIENTE DE LA CURVA ASTM DE DESTILACION EN EL PUNTO CORRESPONDIENTE AL 10 %

PVR = PRESIÓN DE VAPOR REID

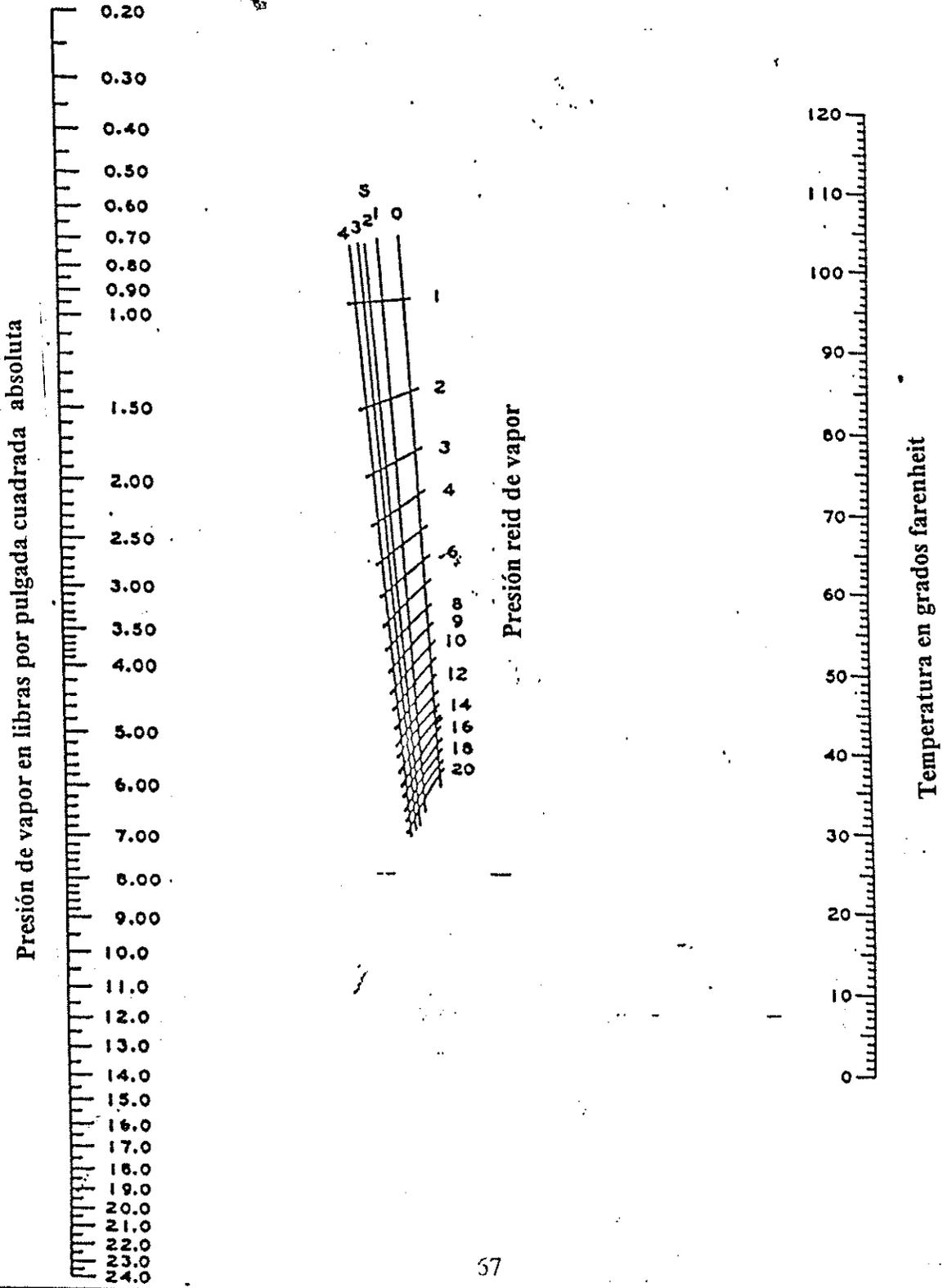
NAPHTAS CON PRESIÓN DE VAPOR
DE 2 A 20 #PVR

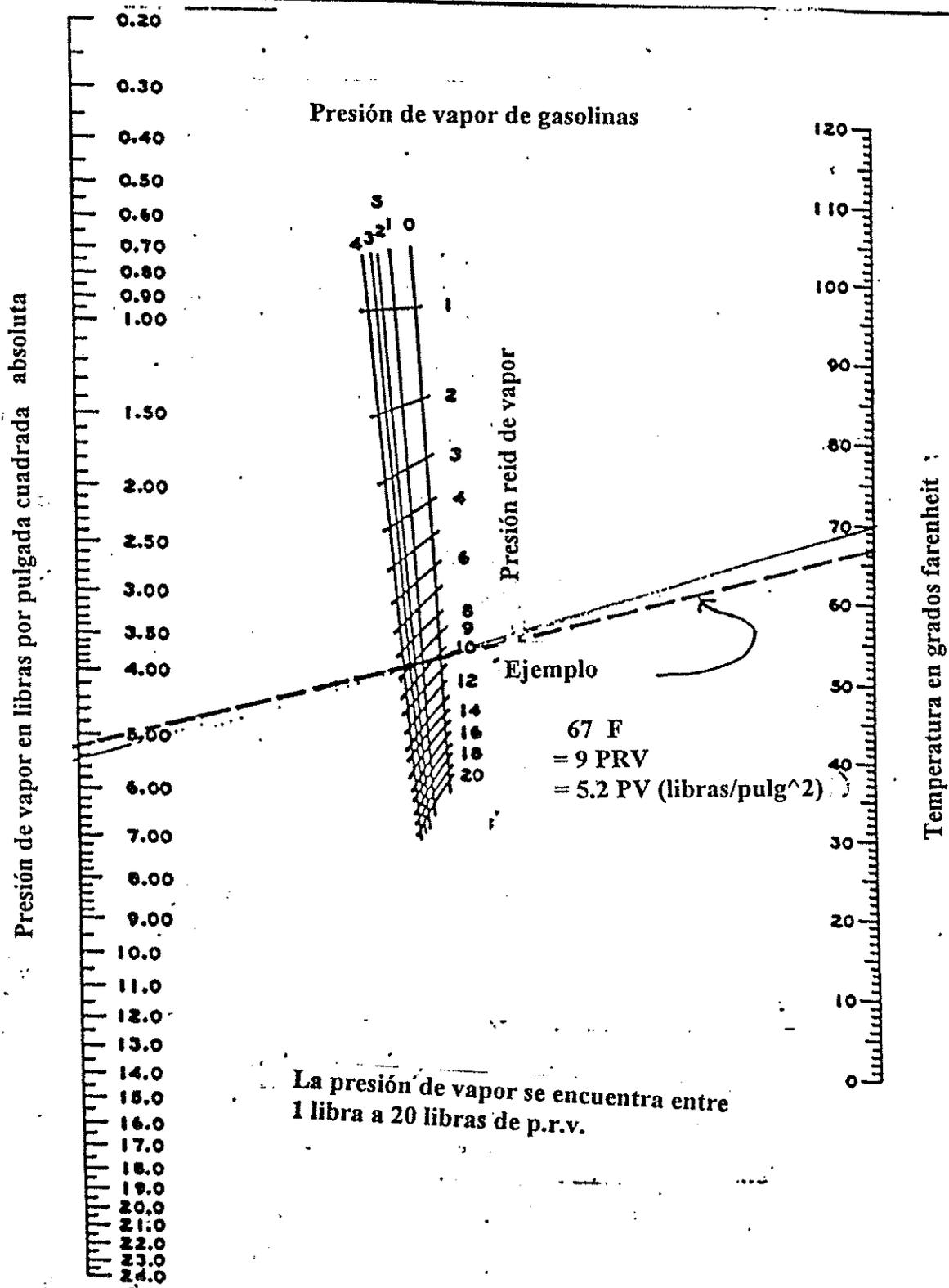


* $PENDIENTE = \frac{T_{15} - T_5}{10}$ = PENDIENTE DE LA CURVA ASTM DE DESTILACIÓN EN EL PUNTO CORRESPONDIENTE AL 10 %

PVR = PRESIÓN DE VAPOR REID

Presión de vapor de gasolinas





III.14 Control de inventarios para determinar pérdidas, midiendo y balanceando recepción y despacho.

La industria petrolera, en cuanto a la recepción de productos limpios como son las gasolinas, trabaja de la siguiente manera:

La compra de gasolinas se lleva a cabo a 60 grados fahrenheit, sin embargo, se toma el inventario en Planta de lo recibido a temperatura ambiente; esto es en la Planta receptora de productos limpios que se encuentra en el Puerto San José de Guatemala; se toma temperatura y se saca el factor con la tabla 6B, teniendo los datos de API y temperatura de el producto, cuyo factor resulta dividiendo del volumen a 60 grados fahrenheit, para determinar así un nuevo volumen que es llamado volumen a temperatura ambiente, cuya cantidad en realidad se recibe en Planta. En la Terminal de el Puerto San José, se toma la compra a 60 grados fahrenheit debido a que la temperatura está estándar en este lugar siempre es mayor provocándonos esto una ganancia en recepción. De esta manera se toma un porcentaje permisible de pérdida en cuanto a la recepción, el cual no debe de exceder de el 30% tomando en cuenta el porcentaje acumulado de todos los productos en la Planta.

La manera cómo se determina el volumen entregado y volumen recibido es a través de realizar medidas iniciales y finales en los tanques de el barco y los tanques de tierra de la Planta, para saber cuál será la pérdida o ganancia en esta recepción en base a la diferencia medida de lo despachado contra lo recibido.

Entre los factores que pueden determinar error en esta recepción, se encuentran los siguientes:

a.- La medida de los tanques en el barco sea errónea, debido a que el mar se encontraba con demasiado movimiento al inicio en comparación a como se encontraba al final de la descarga.

b.- Existe un problema en la línea que conecta al barco con los tanques en tierra; esto puede ser por una picadura debido a una corrosión, un tornillo de un flange flojo, o que se averíe la tubería debido a la presencia de un chubasco, y no dé tiempo para llevar a cabo la desconexión de mangueras.

c. A un mal cálculo en cuanto al volumen que tiene que recibir un tanque en tierra y la altura a la que tenga que llegar éste mal; este problema se puede dar también con los tanques en el barco.

En cuanto a la venta, la ganancia de la industria petrolera se encuentra en la temperatura a la que se vende, la cual está a 60 grados fahrenheit, sin embargo, la facturación se realiza a la temperatura ambiente, que arroja una ganancia por venta, la cual aumenta cuando el día se encuentra mas caluroso.

El siguiente formato ilustra la manera de cómo se controla lo despachado diariamente a carros-tanques, luego esto es comparado contra lo facturado y debe cuadrar.

En la primera columna, se encuentran descritos todos los productos en los cuales existe una lectura de apertura y una de cierre, para darnos un total de entrega por medidor; al final existen tres columnas; la antepenúltima sirve para colocar los totales despachados por producto; la penúltima sirve para colocar los totales despachados según facturas, y la última columna nos arroja una diferencia entre estas dos.

Este formato al final de el día debe encontrarse completamente lleno y firmado por el ingeniero de turno, así como por el Superintendente de la Terminal.

Entre los factores que nos pueden determinar diferencia en nuestras ventas, pueden estar los siguientes:

a.- Un medidor de despacho descalibrado.

b.- Una válvula de presión y vacío con pérdida de peso que permite más salida de vapor de lo debido.

c.- Una válvula de alivio mal calibrada, que se encuentre por debajo de la presión de trabajo, entonces se encontrara aliviando constantemente y provocando una pérdida constante.

d.- Una mala cantidad tecleada por la persona que se encuentre a cargo de una posición de llenado; esto se lleva a cabo debido a que no se comparan los volúmenes de las facturas u órdenes con respecto al volumen de los compartimientos; provoca esto una diferencia que puede dar lugar a un sobrellenado.

CAPITULO IV

ACCESORIOS

IV.1 Válvulas de presión y vacío

Generalidades y funcionamiento:

Las válvulas de presión y vacío (abreviadas PV), usadas en forma correcta, permiten una pérdida por evaporación razonable de los productos de petróleo almacenados en tanques sobre tierra, al mismo tiempo que protegen el tanque de daños que podrían originarse por exceso de presión o de vacío.

Básicamente su función consiste en retener la máxima presión interior permisible por el diseño del tanque y lógicamente a retener la mayor cantidad de vapor rico en producto dentro del tanque, que permite que la presión escape cuando se genera una sobre-presión por exceso de calor o bombeo al tanque y facilitar la entrada de aire al mismo, cuando se forma el vacío ya sea por extracción de producto o por bajar la temperatura.

Es pues muy importante la selección apropiada, instalación y mantenimiento de las válvulas de presión y vacío.

El funcionamiento de la válvula de presión y vacío consiste de un disco de aluminio que se levanta cuando la presión llega a su permisibilidad, y proporciona la salida de vapores para disminuir la presión interior del tanque y un segundo disco del mismo metal que también se levanta, y permite la entrada de aire puro al interior del tanque cuando el vacío formado por la extracción de producto o disminución excesiva de temperatura llega a un punto límite. Cuando el disco de presión se levanta, dicha presión mantiene cerrado el disco de vacío y cuando se abre este último, permanece cerrado el disco de presión.

Normalmente las válvulas PV se instalan en la parte más alta del tanque, pero en algunos casos se verán instaladas sobre todo en tanques de gran diámetro, cerca del perímetro del mismo y adyacentes a la escalera o plataforma de medir, con miras a un acceso fácil para inspección y mantenimiento.

Es muy importante que no se pinten las placas de identificación que trae la estructura de las válvulas de PV a fin de poder hacer revisiones de los pesos de sus discos, como se indicará más adelante. En lugares donde la corrosión es intensa como en terminales marítimas, para evitar su deterioro, se recomienda colocar una capa de grasa sobre la placa de identificación, que la protegerá de la oxidación y corrosión.

Las válvulas de PV normalmente están calibradas a 1/2 onza por pulgada cuadrada de presión y vacío. Pruebas que se han realizado, determinan que el incremento de 1 onza por pulgada cuadrada reduce las pérdidas por respiración en aproximadamente un 7%. Sin embargo, por cada onza por pulgada cuadrada adicional al primer incremento en presión sobre su calibración inicial, reduce la pérdida en incrementos o porcentajes progresivos cada vez menores.

Cuando la presión Reid de Vapor del producto almacenado excede de 2 libras por pulgada cuadrada, se debe usar en el tanque de almacenamiento válvulas de presión y vacío, para los tanques que almacenan productos con PRV que en menos de 2 libras se usan ventiladores abiertos. Para tanques horizontales sobre tierra se usa adicional una válvula de emergencia.

Aún cuando el cálculo de las válvulas de presión y vacío es función específico del Departamento de Operaciones, la experiencia ha demostrado la conveniencia de que todos los operadores a nivel de Supervisores conozcan el método para calcular adecuadamente una válvula de esta naturaleza

Como las condiciones y las operaciones varían por razones de cambios en sistema de abastecimiento, cambios de almacenamiento, etc., es nuestro concepto que los operadores deben conocer este aspecto para que estén en condiciones de revisar las válvulas existentes, recomendar las futuras y verificar periódicamente su operación momentánea, pues la función del Supervisor de Planta se limita a un control interno y la determinación para cambio de una válvula debe ser tomada a nivel técnico, debido a los peligros que implica en la seguridad de los tanques de almacenamiento. Existen dos aspectos que regulan el diseño de una válvula de presión y vacío.

1. Determinación de tamaño o diámetro de la válvula, con base en la necesidad de desfogue de los gases y que están en función de la capacidad del tanque y de la rata de bombeo, ya sea de llenado del tanque para presión y de vaciado del tanque (llenado de camión o carro tanque) para vacío.
2. Características de presión y vacío de la válvula que esta en función de las características de diseño del tanque, en especial de la resistencia de la soldadura, la cual a su vez está en función con el tamaño del tanque.

Para la determinación del tamaño de la válvula, regularmente se debe acudir a las tablas de capacidad que son certificadas por la fábrica de válvulas de ventilación, con cuya información puede relacionar la necesidad de desfogue del tanque dependiendo de su tamaño, necesidades que pueden observarse en el Cuadro de determinación de ventilación necesaria en tanques de almacenamiento vertical, donde se encuentran tabulados los miles de pies cúbicos de aire que se necesitan evacuar en el caso de presión o de admitir en el caso de vacío, para tanques de diferentes diámetros y para diferentes ratas de bombeo.

En el Cuadro de Capacidades de algunas válvulas de Presión y Vacío sin accesorios, se muestran las capacidades y características de algunas válvulas de presión y vacío generalmente empleadas.

Si la válvula que se usa en su División no está en este cuadro, no debe asumir capacidades de válvulas semejantes; es conveniente conseguir la información respectiva; este cuadro nos proporciona para cada marca de válvula, dependiendo de su característica de presión y vacío, la capacidad en miles de pies cúbicos de aire por hora que puede evacuar o admitir en cada caso. Los cuadros deberán ser consultados de la siguiente manera:

- a. Determinar los requerimientos de desfogue en miles de pies cúbicos, para lo cual es necesario utilizar el Cuadro de determinación de ventilación en tanques verticales.
- b. Observar la válvula del tanque que se trata de verificar, determinar las pulgadas de diámetro y características de presión y vacío. Obtener la capacidad de la válvula del Cuadro de capacidad de válvula de PV sin accesorios. Debe compararse la capacidad de la válvula con el dato obtenido en el primer cuadro.
- c. Si la capacidad de la válvula es superior al requerimiento de desfogue de la respiración, la operación es segura.
- d. Si la capacidad de la válvula es inferior a los requerimientos de trabajo de respiración, debe comunicarse al Supervisor de Operaciones inmediatamente para hacer el cambio respectivo a una válvula de mayor capacidad.
- e. Mientras se cambia la válvula por la apropiada y suceden operaciones de recibos o despachos de productos, es importante que las ratas de bombeo se reduzcan a lo que permita la

válvula existente, ya que de otra manera el tanque estaría sujeto a sufrir severos daños en su estructura.

Ejemplo

Condiciones Observadas

Diámetro del tanque	30 pies
Rata máxima de recibo	1,000 bbls/hr
Rata máxima de entrega	500 bbls/hr
Válvula de presión y vacío	OCCESO 1/2 oz/plg ² V - 130 de 6"

Comprobación	Requerimiento (Miles de pies cúbicos)	Capacidad válvula (Miles de pies cúbicos)
Presión	18 K.P.C.	30 K.P.C.
Vacío	11 K.P.C.	20 K.P.C.

Resultado: El respiradero es ampliamente suficiente.

Otro caso:

Condiciones observadas

Diámetro del tanque	50 pies
Rata máxima de recibo	1,500 bbls/hr
Rata máxima de entrega	1,000 bbls/hr
Válvula de presión y vacío	S&J 1/2 oz/plg ² ST-7575 de 6"

Comprobación	Requerimiento (Miles de pies cúbicos)	Capacidad válvula (Miles de pies cúbicos)
Presión	31 K.P.C.	30 K.P.C.
Vacío	24 K.P.C.	18 K.P.C.

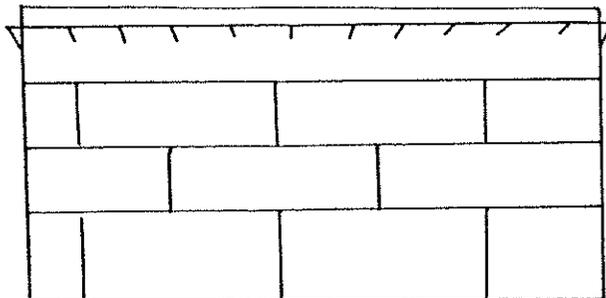
Resultado: El respiradero es deficiente.

Por la operación de vaciado a la rata máxima de 1,000 bbls/hr, hay que solicitar recomendaciones al Departamento de Operaciones sobre la nueva rata de bombeo mientras se reemplaza la válvula.

Para la determinación de los requisitos de presión y vacío de los tanques y disposición de las válvulas adecuadas, nos podemos orientar con las indicaciones de tipo general que muestra el cuadro de clases de válvulas en el cual se aprecian las siguientes clasificaciones:

CLASE "A"

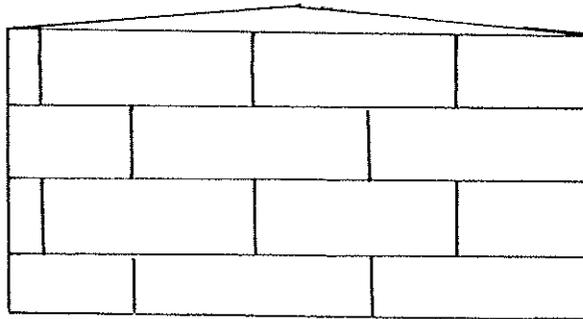
Tanques pequeños construidos localmente (12 pies de diámetro o menos) en buenas condiciones, probados a 5 libras por pulgada cuadrada de presión máxima y con juntas irrompibles, construidos de acuerdo con el API standard 650, "Especificaciones generales para la construcción en el campo de tanques de almacenamiento de aceites" . (Ver apéndice A).



CLASE "B"

Tanques grandes de techo cónico (arriba de 12 pies de diámetro) sin membrana flotante en su interior, en buenas condiciones, contruidos de acuerdo con el API estándar 650, "Especificaciones generales para la construcción en el campo de tanques de almacenamiento de aceites" con juntas o soldaduras rompibles en los anillos superiores del cilindro o techo.

(Ver apéndice A).



CLASE "C"

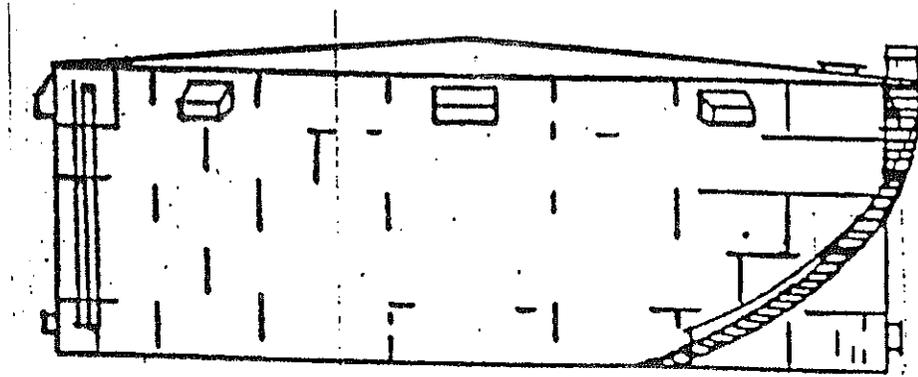
Tanques grandes de techo cónico (arriba de 12 pies de diámetro) sin membrana flotante en su interior, en buenas condiciones, contruidos de acuerdo con el API estándar 650, "Especificaciones generales para la construcción en el campo de tanque de almacenamiento de aceites" sin juntas o soldaduras rompibles en los anillos superiores del cilindro o techo.

(Ver apéndice A).

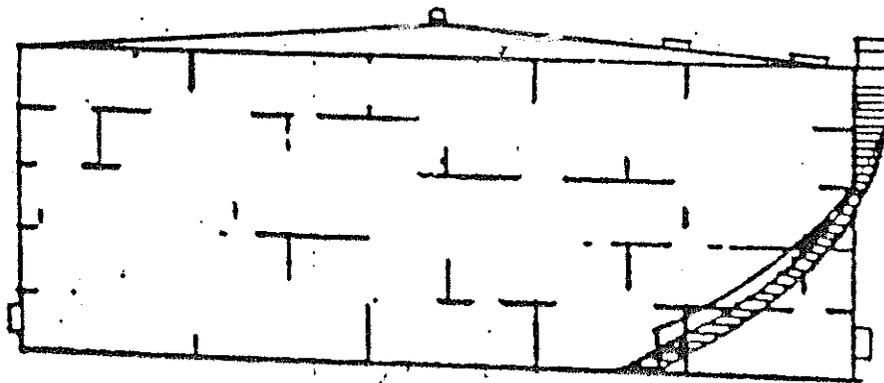
CLASE "D"

Tanques grandes de techo cónico (arriba de 12 pies de diámetro) sin membrana flotante, contruidos con juntas remachadas, y otra clase de junta de resistencia desconocida.

Tanques clase "C"



Tanques clase "D"



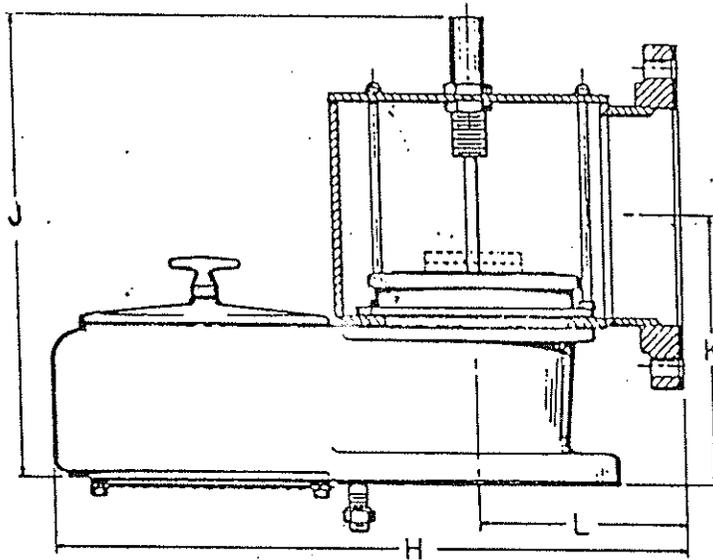
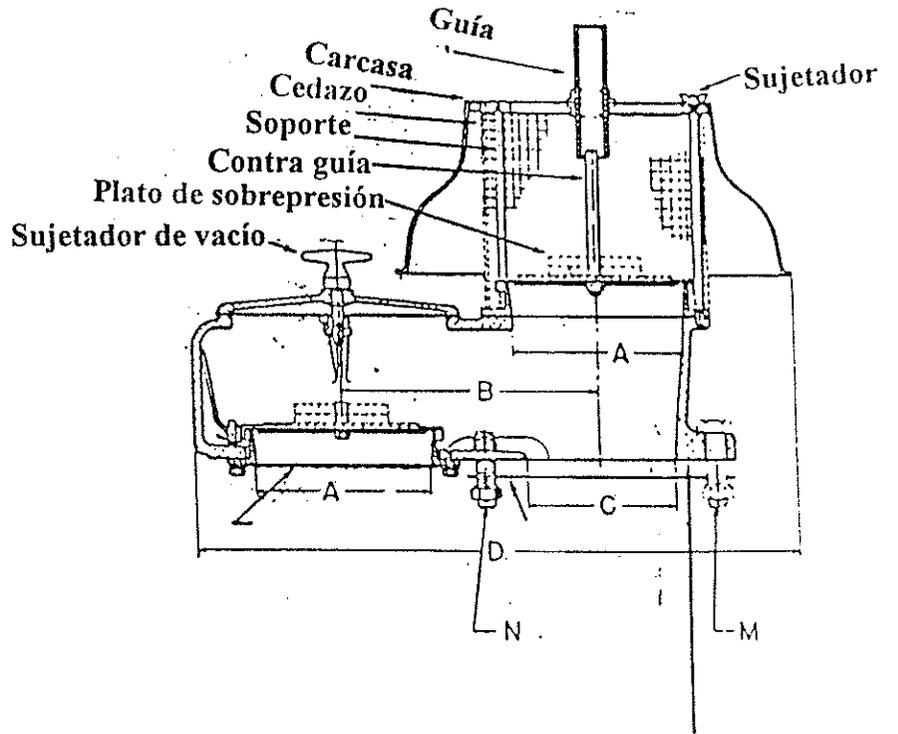
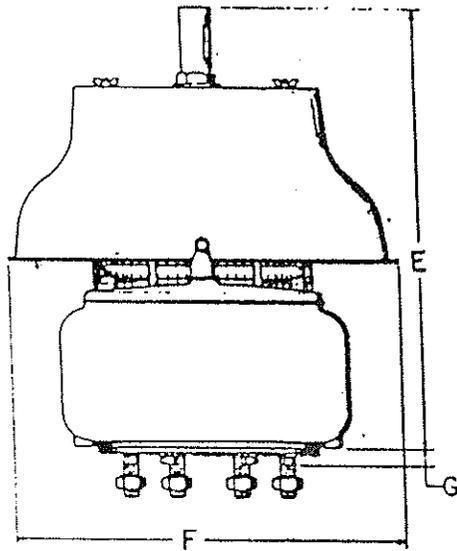
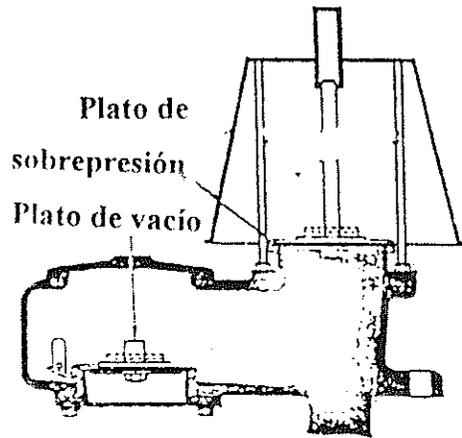


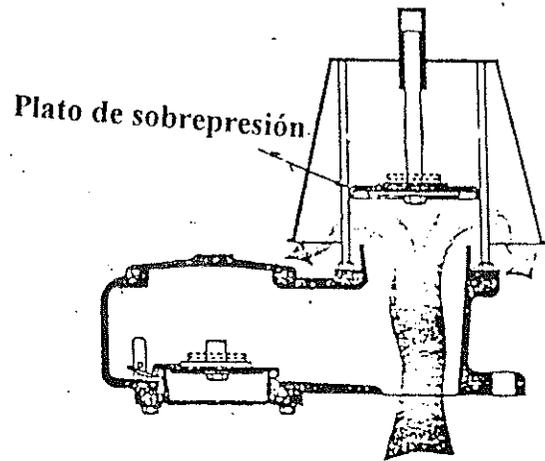
Tabla de dimensiones

Dimensiones en pulgadas																
Tamaño	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	
6"	7 7/32	10 9/16	6 5/32	24 1/2	17 1/16	15 3/4	5/8	24 7/8	17 3/4	10 3/16	8 1/4	4	4	27	26	
9"	9 9/16	13 1/8	8 11/64	30 11/16	21 1/4	20 3/8	11/16	30 1/4	22 1/8	12 33/64	9 3/4	4	4	34	32	
12"	12 1/8	15 5/16	10 1/4	37 3/8	25 3/8	25 1/2	3/4	36 1/4	26 7/16	14 3/4	11 1/2	6	6	39	39	
12"	14 3/8	18 9/16	12 1/4	43 3/8	24 7/8	24 7/8	3/4	41 3/4	30 5/8	16 11/16	12 3/4	8	4	43	45	

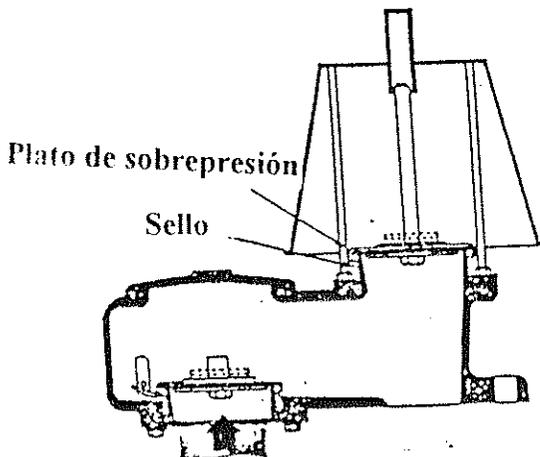
Etapas de la válvula de presión y vacío



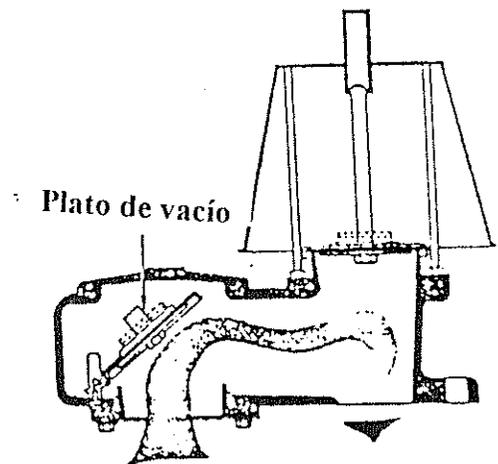
Presión estable iniciando sobrepresión



Tanque expulsando vapores



Presión estable iniciando vacío



Tanque succionando aire

Capacidad de algunas válvulas de presión y vacío sin atrapallamas para tanques de baja presión en miles de pies cúbicos de aire por hora.

MARCA	MODELO	P = PRESION V = VACIO	D I A M E T R O									
			2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"			
2 - SHAND & JURR	A) ST-6949	1/2 OZ. P			12.00	12.00	42.00	65.00				
		1/2 OZ. V			6.00	15.00	27.00	36.00				
		3/4 OZ. P			22.00	46.00	76.00	135.00				
		3/4 OZ. V			13.00	31.00	52.00	68.00				
		1/2 OZ. P			14.00	30.00	55.00	70.00				
		1/2 OZ. V			6.00	18.00	35.00	50.00				
	B) ST-7575	3/4 OZ. P				24.00	48.00	78.00	140.00			
		3/4 OZ. V				13.00	34.00	55.00	73.00			
		1/2 OZ. P	1.00	1.50	2.50							
		1/2 OZ. V	0.60	1.40	3.50							
		3/4 OZ. P	2.50	4.70	8.80							
		3/4 OZ. V	2.40	5.20	9.20							
3 - OCECO	A) T	1/2 OZ. P	2.50	5.20	9.50	25.00	35.00	55.00	70.00			
		1/2 OZ. V	2.00	2.30	7.00	14.00	28.00	43.00	44.00			
		3/4 OZ. P	5.20	9.50	19.00	63.00	95.00	139.00	184.00			
		3/4 OZ. V	4.00	8.00	13.00	32.00	50.00	86.00	105.00			
		1/2 OZ. P	9.50	25.00	25.00	25.00	25.00	55.00	70.00			
		1/2 OZ. V	7.00	14.00	28.00	28.00	28.00	43.00	44.00			
	B) V-113	3/4 OZ. P	19.00	63.00	95.00	139.00	184.00					
		3/4 OZ. V	13.00	32.00	50.00	86.00	105.00					
		1/2 OZ. P	30.00	52.00	65.00	80.00						
		1/2 OZ. V	20.00	26.00	48.00	65.00						
		3/4 OZ. P	60.00	94.00	130.00	180.00						
		3/4 OZ. V	35.00	52.00	85.00	135.00						
C) V-113-M	1/2 OZ. P	7.00	14.00	28.00	43.00	44.00						
	3/4 OZ. P	19.00	63.00	95.00	139.00	184.00						
	3/4 OZ. V	13.00	32.00	50.00	86.00	105.00						
	1/2 OZ. P	30.00	52.00	65.00	80.00							
	1/2 OZ. V	20.00	26.00	48.00	65.00							
	3/4 OZ. P	60.00	94.00	130.00	180.00							
D) V-130	3/4 OZ. V	35.00	52.00	85.00	135.00							
	1/2 OZ. P	7.00	15.00	35.00								
	1/2 OZ. V	3.00	7.00	11.00								
	3/4 OZ. P	38.00	62.00	90.00								
	3/4 OZ. V	27.00	40.00	75.00								
	20 Y 20-A											
4 - VAREC	" "	1/2 OZ. P										
		3/4 OZ. V										
6 O.P.W.	95 Y 245	1/2 OZ. P										
		3/4 OZ. V										

Especiales para tanques horizontales. estos respiraderos son de tipo 3 en 1, o sea presión, vacío y medición, no debemos instalarlos en tanques verticales sin previa autorización del

departamento de operaciones

Clasificación de válvulas de presión y vacío

	DIAMETRO	PREISION	NORMAL	VENTILACION DE	EMERGENCIA	VACIO
CLASE	(en pies)	Vent. debe abrir a oz. por pulgada cuadrada	Su máxima capacidad de ventilación debe ser a oz/pulg ²	Vent. debe abrir a no menos que oz/pulg ²	Su máxima capacidad de ventilación debe ser a oz/pulg ²	Ventilación debe ser oz/pulg ²
	CLASE "A"	MENORES A 12	15	24	24	48
CLASE "B"	12 - 35	0.75	3	Todos por junta o costura rompible	Todos por junta o costura rompible	0.75
	35 - 75	0.75	2			0.75
	75 - 100	0.75	1.55			0.75
	100 - 120	0.75	1.35			0.75
CLASE "C"	120 - 150	0.75	1.2	0.75	1.18	0.75
	150 Y MAS	0.5	0.87	0.50	0.87	0.50
CLASE "D"	Todos	0.50	0.87			0.50

IV. 2 Pruebas de las válvulas de presión y vacío (PV)

Para asegurar una operación satisfactoria de las válvulas PV sobre todo en los tanques de techo fijo de diámetros grandes, debe probarse su hermeticidad, su exacta operación a los límites de diseño.

Hay varias formas sencillas para inspeccionar el buen funcionamiento de las válvulas PV:

- a. Observación visual de la sombra del vapor expelido. La válvula de presión no estará operando bien si, estando el tanque con presión baja, se refleja la sombra del escape de vapores.
- b. Escuchando si hay algún sonido de escape de vapores. Si lo estuviera cuando el tanque está a baja presión, la válvula estaría defectuosa.
- c. También se puede colocar agua de jabón en todo el perímetro del platillo de la válvula PV y, si se forman burbujas de aire, denota que no están herméticas, siempre que el tanque esté con presión baja.
- d. Es perceptible muy fácilmente el olor de los productos de gasolina y si se localiza el olor la válvula PV, ésta está trabajando anormalmente.
- e. Usando una bolsa plástica, a la que se le ha extraído totalmente el aire, se coloca herméticamente en la boca de salida de la válvula de presión y si recibe vapor del tanque, estando éste a baja presión, la válvula no está operando bien. Asegúrese de retirar la bolsa plástica después de haber hecho la prueba.

A fin de determinar si los pesos de los platillos de las válvulas PV son correctos o se mantienen dentro de un límite de tolerancia, use la fórmula siguiente:

$$P = W / A$$

La presión unitaria es igual al peso dividido por el área. Es esta fórmula,

$$P = \text{Presión}$$

$$W = \text{Peso}$$

$$A = \text{Área}$$

De esta fórmula, se obtiene el peso que debiera tener el platillo así:

$$W = P \times A$$

El valor de P (Presión) lo obtenemos de la plaqueta que está en el cuerpo de la válvula y el valor de A (área) la obtenemos de la fórmula:

$$A = r^2$$

En la que π es igual a 3.1416 y "r" es la mitad del diámetro del platillo.

Pesamos luego el platillo que cierra el paso de vapor en la válvula de presión y comparamos su peso con el peso que debiera tener en relación con la presión de diseño de la válvula.

Todas las válvulas de presión y vacío, así como las válvulas de emergencia requieren una inspección y mantenimiento regular, y su frecuencia depende de las condiciones locales, pero nunca debe dejar de hacerse por lo menos cada mes. Esta inspección y mantenimiento abarca también el empaque que sella la base de la válvula con la boca del tanque.

Cada fabricante de válvulas da instrucciones específicas en sus catálogos, que deben figurar en la biblioteca de operaciones, y con las cuales debe estar familiarizado todo el personal que tiene relación con inspección y mantenimiento.

Las siguientes son recomendaciones de tipo general, que, bajo ningún concepto, suplantán las del fabricante.

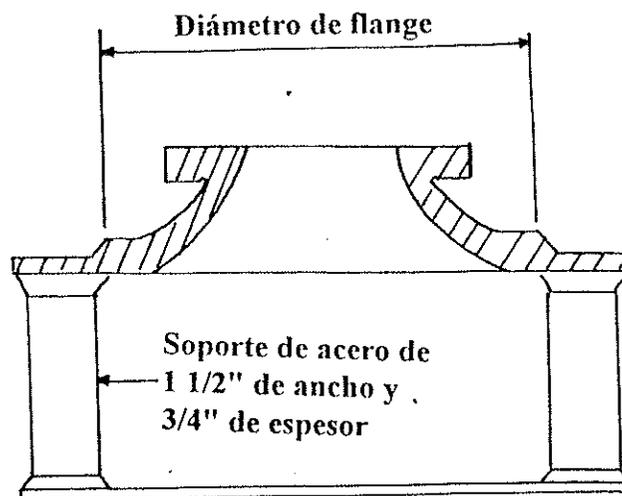
- a. Desarme cuidadosamente toda la válvula para una completa inspección.
- b. Revise los asientos de los platillos de las válvulas PV para ver si no tienen desgastes o agujeros por corrosión.
- c. Revise las bases del cuerpo de la válvula donde descansa el platillo para determinar desgastes o agujeros en las mismas.
- d. Limpie los asientos de las válvulas y los soportes de las mismas con Varsol o Kerosina, a fin de dejarlos completamente limpios y secos.
- e. Revise el libre juego de los vástagos de los platillos de PV, límpielos con Varsol o Kerosina. No les ponga aceite o grasa porque pueden impedir su libre juego recogiendo el polvo.
- f. Revise todos los empaques para determinar su hermetismo. Si están en mal estado, reemplácelos.
- g. Revise los pernos que ensamblan el conjunto de las PV y límpielos con un cepillo de alambre para remover el óxido. Si encuentra alguno malo, cámbielo.
- h. Revise el estado interno del conjunto que forman las PV. Si está oxidado, límpielo y protéjalo con pintura anticorrosiva.

j. Los deflectores o baffles deberán ser revisados y mantenidos con pintura anticorrosiva para evitar su oxidación. Lubrique los pivotes o bisagras para que tengan libre juego.

k. Cuando se trate de ventiladores abiertos para tanques de PRV bajo, limpie los cedazos a fin de evitar obstrucciones y revise los pernos para mantenerlos en buen estado.

l. Cuando los tanques estén dotados de válvulas de emergencia, revise el asiento de la tapadera y la base donde descansa para constatar el buen estado del empaque y la hermeticidad de su contacto con la base, así como posibles fugas en los pernos.

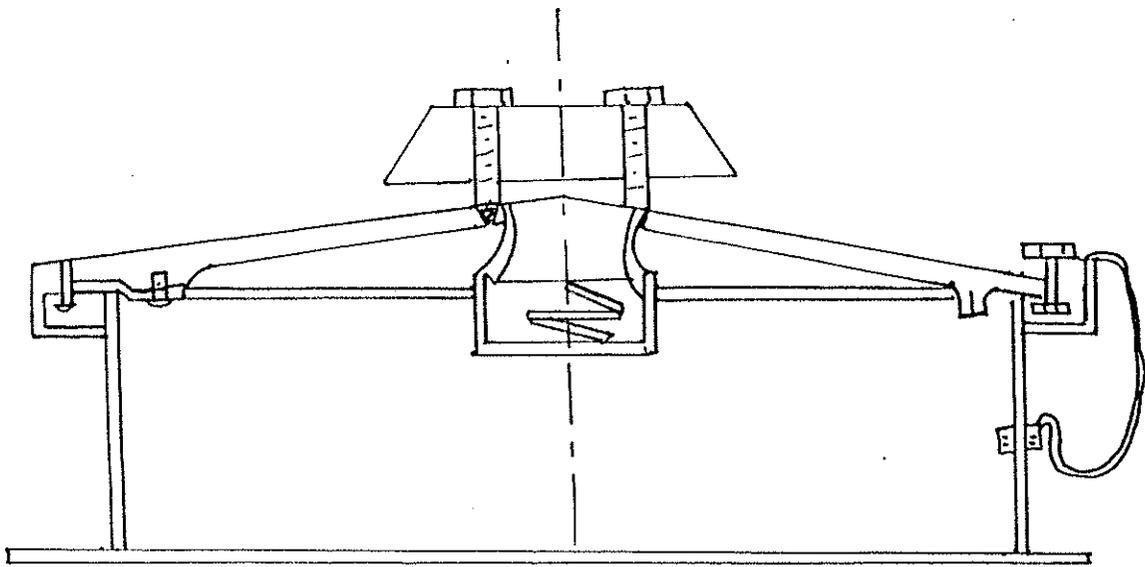
m. Revise las posiciones de los platillos de presión, después de una descarga de productos. Debido a la intensa y prolongada presión del bombeo hacia el tanque depósito, éste puede quedar en posición anormal. Basta una inspección visual sin abrir la válvula, para evitar fuga innecesaria de vapores.



Deflector

IV. 3 Válvulas de emergencia

Son discos metálicos deflectores que sirven para desviar lateralmente las corrientes de vapor o de aire, ya sea que el vapor quiera ser expulsado del tanque por la presión o que entre al mismo aire atmosférico para balancear el vacío interno. Se instalan inmediatamente debajo de las válvulas de presión y vacío, y se usan para reducir las pérdidas por evaporación. Sin embargo; los deflectores o baffles son efectivos sólo para períodos cortos de permanencia del producto en los tanques. La experiencia indica que durante el período de entrada de aire al interior del tanque, el aire se estratifica en la parte superior de los vapores de hidrocarburos, minimizando la mezcla. Por lo tanto, el vapor expelido hacia la atmósfera por la válvula de presión contiene menor porcentaje de hidrocarburo hasta un 25%.



IV.4 Prueba de tubería, control de fugas

a. Otros puntos donde pueden desarrollarse derrames o pérdidas son: bridas del tanque, bocas de registro, conexiones y válvulas, juntas de la tubería, atornilladas, embriadas o victaulic.

Válvulas de la tubería y la bomba y en las plataformas de carga, instalaciones de barriles, etc.,. El apretado de los tornillos generalmente evitará derrames en las bocas de registro, aditamentos embriados y otras juntas atornilladas. Si no, deberá insertarse un nuevo empaque tan pronto como sea posible.

Las juntas atornilladas no son siempre la causa principal de fugas si se usa un compuesto apropiado de sello y se ponen bien apretados.

Las válvulas, que gotean el producto hacia su parte exterior, requieren reparación; es más difícil descubrir aquellas válvulas que no están apretadas y que permiten que el producto salga a través de ellas cuando se supone que están cerradas. Los efectos pueden no ser serios, si la fuga es pequeña, a menos que las válvulas estén en un múltiple, entre tanques o en la tubería. Tales válvulas pueden permitir que el producto corra de un tanque a otro causando dificultad en la contabilidad del producto, y en los múltiples, sería contaminación del producto. Deberán instalarse válvulas de paso en las tuberías, ya que de otra manera las válvulas de compuerta defectuosas o cualquier error humano, puede permitir que el producto termine en el tanque de un competidor. Por supuesto, las válvulas de paso también pueden gotear, y las válvulas de compuerta apropiadas deben estar siempre cerradas en vez de confiarse en las de paso.

Una de las causas de fugas que no puede considerarse inmediatamente es el aumento de la temperatura en las tuberías cerradas expuesta al sol, con el subsiguiente aumento en volumen y presión del producto contenido.

Más obvio es el aumento de presión cuando una válvula está cerrada contra la corriente, pero en todo caso, deberá proveerse alguna válvula de alivio para la expansión del producto.

b. Pruebas de la tubería

Las pruebas sobre el nivel del suelo facilitarán evidencia visual de fugas, que pueden ser reparadas inmediatamente. Más difícil de detectar son las fugas en las tuberías subterráneas, donde en muchos casos el producto no sale a la superficie del suelo, y la primera indicación es el aumento lento o rápido de la pérdida de producto.

Pruébense las tuberías con presión hidrostática a 25% más de presión que la presión de operación con 100 libras por pulgada cuadrada como mínimo; la presión de prueba debe ser mantenida por 3 horas.

Las líneas que quedan debajo de pistas, carreteras y líneas férreas deben estar debidamente protegidas con mangas para evitar daños debido al paso de vehículos pesados por encima.

Deberá siempre considerarse la corrosión de las tuberías subterráneas. Esto podrá suceder aun en instalaciones relativamente nuevas, donde las cenizas, el suelo húmedo u otras condiciones pueden causar corrosión excesiva y rápida.

Todas las tuberías subterráneas deben probarse cuando están fuera de servicio a intervalos razonables, o si fuera necesario, tales tuberías podrían sacarse fuera de servicio y probarse. Las tuberías subterráneas más antiguas requieren más atención y cuando se sospecha que haya problemas debidos a fugas fuertes o que se espera existan debido a la edad, sería razonable efectuar una prueba al año.

Supongamos que estamos sacando el agua completamente y que hay una cantidad considerable de agua en el fondo del tanque. Por algún tiempo fluirá únicamente agua más un poco de sedimento. Pero a medida que la capa de agua disminuye y a medida que el producto se acerca al fondo del tanque, el producto comienza a mezclarse con el agua que está saliendo. En otras palabras, no existe una división exacta entre el agua y el producto. Al principio, la cantidad de producto es poca, luego aumenta hasta que el nivel del agua llega al fondo del tanque y sale con suficiente producto para que aparezca en la columna de pérdida inexplicable.

Un deflector de vértice arriba del decantador podría ayudar, particularmente con salidas de agua abundantes, o con salidas de tubería que no están conectadas al sumidero de fondo.

IV.5 Pérdida por evaporación en los tanques de techo flotante

La siguiente fórmula debe usarse para calcular la pérdida por evaporación en gasolina de los tanques de techo flotante en buenas condiciones mecánicas:

$$L_y = K_t (D)^{1.5} \times (P / (14.7 - P))^{0.7} \times (K_p)$$

Donde:

L_y = Pérdida de almacenamiento - bbls. por año

D = Diámetro del tanque, en pies.

P = Presión real del vapor del producto a la temperatura promedio de almacenamiento.

K_t = Un factor del tipo del tanque que cambia como sigue:

Para una caparazón soldada a tope, sello doble o tiroidal	$K_t = 0.04$
Para una caparazón soldada a tope, sello metálico sencillo	$K_t = 0.05$
Para una caparazón remachada, sello doble o tiroidal	$K_t = 0.11$
Para una caparazón remachada, sello metálico sencillo	$K_t = 0.13$

V_w = Velocidad promedio del viento, millas por hora

K_p = Factor de pintura, como sigue:

Para caparazón y techo gris claro o color aluminio	$K_p = 1.0$
Para techo color aluminio y caparazón blanca	$K_p = 0.95$
Para caparazón y techos blancos	$K_p = 0.90$

Para sellos en malas condiciones mecánicas, la pérdida por evaporación puede llegar a dos o tres veces la proporción calculada por la fórmula anterior. Aun cuando no ha habido pruebas de campo tendentes a demostrar la diferencia en pérdida con sellos eficaces o parcialmente abiertos, la información derivada de pruebas piloto da los siguientes valores para estimar las relaciones de pérdida:

Abertura del sello (pulgadas)	Razón de pérdida relativa
1/8 o menos	1.0
1/4	2.6
1/2 o más	3.7

El ancho de cada abertura debe medirse y también estimarse el largo para calcular una cifra compuesta para el sello completo.

Ejemplo:

Calcular la pérdida anual por evaporación de un tanque de techo flotante bajo las siguientes condiciones:

Tamaño del tanque (diámetro y altura)	120 pies x 40 pies
Capacidad	80,000 bbls.
Construcción de la caparazón	Soldada a tope

Tipo de sello	Tiroidal
Cierre del sello	Apretado (1/8" abertura máxima)
Producto almacenado	Gasolina de motor
Temperatura media del producto	60 grados fahrenheit
Pendiente del 10% ASTM punto dist.	3 grados fahrenheit/%
P.R.V.	10 psi a 100 grados fahrenheit
T.P.V.	5.1 psi a 60 grados fahrenheit
Salidas totales	1,000,000 bbls/año
Tipo del techo	Pontón
Color de la pintura - Techo	Aluminio
- Caparazón	Blanca
Velocidad del viento	14.8 millas por hora

$$Ly = (Kt) (D)^{1.5} \times (P / (14.7 - P))^{0.7} \times (Vw)^{0.7} \times (Kp)$$

Sustituyendo

$$Ly = (0.04) \times (120)^{1.5} \times (5.1 / (14.7 - 5.1))^{0.7} \times (14.8)^{0.7} \times (0.95)$$

Resolviendo

$$Ly = (0.04) \times (1315) \times (0.632) \times (6.6) \times (0.95)$$

$$Ly = 209, \text{ digamos } 210 \text{ bbls/año.}$$

Ahora supongamos que en una inspección el sello muestra

1/8" abertura por 100 pies

1/4" abertura por 100 pies

1/2" abertura por 177 pies

La pérdida de almacenamiento ordinaria (Ly) aumentaría como sigue:

$$Ly = 210 \times \frac{((1.0) \times (100) + (2.6) \times (100) + (3.7) \times (177))}{(100 + 100 + 177)} = 565 \text{ bbls/año}$$

La diferencia de 355 bbls. (565 - 210) por año representa la economía que puede lograrse reparando o ajustando el sello hasta que quede hermético. Esto proporciona una base para establecer la justificación de tomar acción correctiva.

IV.6 Efecto de la regulación de la válvula PV

La ecuación siguiente:

Ec. 1

$$Lb = 0.025 \times (P / (14.7 - P))^{0.68} \times (D)^{1.73} \times (H)^{0.51} \times (t)^{0.5} \times (Fp) \times (c)$$

es para tanques convencionales de techo fijo herméticos con válvulas de ventilación reguladas para escape a 1/2 onza por pulgada cuadrada de presión y vacío. Para tanques que sean diseñados y operados con válvulas de regulación diferencial más alta, Lb deberá reducirse por los siguientes factores:

AP (oz./ pulgada cuadrada)	Multiplíquese Lb por
1	1.00
2	0.93
3	0.87
4	0.81
5	0.75
6	0.70
7	0.65
8	0.60
9	0.55
10	0.51

12	0.43
14	0.36
16	0.30

IV.7 Efecto de la impermeabilidad del tanque

Para tanques no herméticos o tanques que no están adecuadamente equipados y mantenidos, la pérdida por respiración puede llegar a varias veces la proporción calculada por la ecuación en el punto IV.6. Los siguientes valores pueden usarse para estimar las proporciones relativas de pérdida en tanques no herméticos.

Condición	Pérdida por respiración (bbls/ año)
Techo hermético con válvula PV	1.0 Lb
Techo no hermético con válvula PV	1.5 Lb

Causas que contribuyen a que no haya hermeticidad:

- | | |
|--|------------------|
| a. Niple pequeño en el techo para flotador de medición: | agréguese 0.1 Lb |
| b. Cubierta de abertura de medición no hermética | agréguese 0.1 Lb |
| c. Por cada respiradero abierto, compuerta abierta, etc. | agréguese 0.5 Lb |
| d. Aleros no - herméticos en el techo | agréguese 0.5 Lb |

Ejemplo

Un techo con válvula de PV, niple abierto en el techo, compuerta de medición abierta:

a. Pérdida por respiración = 1.0 Lb + 0.1 Lb + 0.5 Lb = 1.6 Lb

b. Pérdida de llenado

La siguiente fórmula debe usarse para calcular la pérdida de gasolina debido al llenado de un tanque de techo fijo:

$$LF = (Q) \times (P) \times (0.000305) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

LF = pérdida por llenado, bbls./año

Q = Extracciones del tanque, bbls/año

P = Presión de vapor real del producto a la temperatura de almacenamiento promedio, psi.

Nota:

Cuando las salidas del tanque, (Q) sean mayores de 36 veces la capacidad del tanque, LF debe reducirse en las siguientes relaciones:

Movimientos del tanque/ año	Medida por llenado
36	1.0 LF
50	0.7 LF
100	0.5 LF
200	0.3 LF

Ejemplo:

Calcular la pérdida anual por evaporación de un tanque de techo fijo bajo las siguientes condiciones:

Tamaño del tanque (diámetro y altura)	100 pies x 40 pies
Capacidad	56,000 bbls.
Construcción de la caparazón	Soldada a tope
Construcción del techo	Hermético
Producto almacenado	Gasolina de motor
Temperatura media del producto	62 grados fahrenheit
Pendiente del punto del 10% ASTM	3 grados fahrenheit
P.R. V. (psi a 100 grados fahrenheit)	11
TPV (psi a 62) según gráfica	6.0

Salidas totales	1,000,000 bbls/ año
Color de la pintura - Techo	Blanca - blanca
- Caparazón	Blanca - blanca
Vacío (promedio por año)	20 pies (corregido por volumen cónico)
Cambio de temperatura diurna	16 grados fahrenheit

Pérdida por respiración:

Ec. 1

$$Lb = 0.025 \times (P / (14.7 - P))^{0.68} \times (D)^{1.73} \times (H)^{0.5} \times (t)^{0.5} \times (Fp) \times (c)$$

Sustituyendo

$$Lb = 0.025 \times (0.6 / (14.7 - 0.6))^{0.68} \times (100)^{1.73} \times (20)^{0.5} \times (16)^{0.5} \times (1.0) \times (1.0)$$

Resolviendo

$$Lb = 0.025 \times 0.776 \times 2850 \times 4.47 \times 4.0 \times 1.0 \times 1.0 = 990 \text{ bbls/ año}$$

Pérdida por llenado:

Ec, 2

$$LF = Q \times P \times 0.000305$$

Sustituyendo

$$LF = 1,000,000 \times 0.6 \times 0.000305$$

Resolviendo

$$LF = 1830 \text{ bbls/ año}$$

La pérdida total por evaporación por lo tanto es $Lb + LF$ o sea 2820 bbls/ año

Ahora supongamos que en una inspección del tanque se descubre:

a. Las paletas han sido removidas de la válvula de vacío y presión.

b. Que el sello líquido que debería estar en la conexión del medidor automático del techo del tanque no está.

c. Que la pintura está en malas condiciones t 20% de la superficie tiene descubierta la base o tiene óxido.

Estas condiciones causan pérdidas por respiración adicionales cada año, las cuales pueden estimarse usando los factores apropiados en la forma siguiente:

a. Respiradero abierto $0.5 \text{ Lb} = 0.5 \times 990 = 495 \text{ bbls/año}$

b. Conexión abierta del medidor $0.1 \text{ Lb} = 0.1 \times 990 = 100 \text{ bbls/año}$

c. Condición mala de la pintura

$F_p = 80\%$ (factor de pintura blanca en mala condición) + 20

Factor de pintura roja = $0.8 \times 1.2 + 0.2 \times 1.8 = 1.32$

$1.32 - 1.0 = 0.32$

$0.32 \text{ Lb} = 0.32 \times 990 = 315 \text{ bbls/ año}$

Luego la pérdida total por evaporación sería:

$2820 + 495 + 100 + 315 = 3730 \text{ bbls/ año}$

El aumento en la pérdida calculada para cada condición representa la economía anual que podría lograrse efectuando las reparaciones necesarias. Esto da la base para establecer la justificación económica para tomar medidas correctivas, y la prioridad de cada acción específica.

CAPITULO V

TRANSPORTE

V.1 Calibración de camiones - tanques y carros - tanques

V.1.1 Objetivos:

1. Establecer un método práctico para medir y señalar con exactitud el volumen que deben contener el o los compartimientos de un camión - tanque o carro - tanque.
2. Recibir cantidades exactas al ser llenados en las plantas, terminales o refinerías.
3. Transportar con seguridad y protección contra accidentes o faltantes anormales las cantidades cargadas.
4. Verificar con exactitud y facilidad por parte del destinatario las cantidades remitidas al mismo, de acuerdo con las normas y referencias convencionales de medidas y galonaje.

V.1.2 Introducción

El transporte terrestre de las gasolinas se realiza por ferrocarril o por carretera, y se usan carros-tanque o camiones - tanques propios y ajenos a la compañía, según el caso.

Este medio de transporte no es controlado en forma directa por el personal de las Plantas, Terminales o Refinerías. Los productos son cargados en tanques depósitos de distintos tamaños, instalados adecuadamente en carros - tanques de Ferrocarril o en camiones de gasolina o diesel, pasando su custodia y seguridad a personal que, en muchas ocasiones, es ajeno a la Compañía y utiliza mucho tiempo en las entregas y debe entregarlo a sus destinos con prontitud y en cantidades acordes con los documentos que amparan los envíos.

Surgen tres aspectos que se deben considerar:

1. Las cantidades cargadas en una planta, terminal o refinería para ser transportados y entregados a un cliente, deben entregarse en su destino sin variaciones volumétricas anormales, es decir, eliminando posibilidades de faltantes por derrames o sustracciones ilícitas.
2. Es necesario determinar, mediante procedimientos técnicos y adaptables a nuestras operaciones, la forma de medir con exactitud la capacidad de cada compartimiento transportado, a fin de que la Planta que carga entregue con exactitud la cantidad documentada (factura, transferencia, etc.) de acuerdo con sus medidores; que el chofer que recibe el producto, puede constatar con facilidad por una simple observación visual que el cargamento que esté pasando por completo a ser de su responsabilidad, y que el destinatario pueda también comprobar con facilidad y exactitud que las cantidades que se le envían están completas.
3. La necesidad de que la cantidad entregada por el medidor de la planta concuerde con la cantidad recibida en el camión y satisfaga el nivel requerido por la marca indicadora del volumen contenido en él o los compartimientos del tanque.

V.1.3 Equipo requerido y facilidades

- a. Uno o varios probadores volumétricos de tamaños adecuados al volumen que va a medirse. Si se va a calibrar un compartimiento de 1,000 galones, se requerirá un probador de 750 galones, uno de 100 galones y otro de 50 galones para calibrar los últimos niveles previos al nivel que determine los 1,000 galones.
- b. Varas para medir los niveles en cada medida del probador utilizado para llenar el compartimiento que se calibra.

- c. Pasta para detectar agua o para detectar producto según que se use agua o un hidrocarburo para la operación.
- d. Facilidades de agua para efectuar el llenado de los probadores.
- e. Facilidades para el traslado de los volúmenes medidos en los probadores al camión que se esta calibrando.
- f. Tres termómetros fijos en los probadores de 500 galones en adelante, dos en los de 10 a 500 y 1 a 10 galones. Tales termómetros deben cumplir con las especificaciones ASTM y tener graduaciones de 1 grado farenheit.
- g. Formas impresas, según modelo adjunto, para llevar el registro de la operación.
- h. Un metro con escala en pulgadas y centímetros.

V.1.4 Cuando calibrar camiones o carro - tanques

1. Por lo menos cada dos años.
2. Si la estructura del tanque sufre modificaciones como ampliaciones del mismo, modificación en su diámetro o longitud de las líneas de descarga.
3. Cuando el tanque sufre abolladuras o deformaciones por algún accidente.
4. Cuando se note alguna anomalía en la marca de calibración.

5. Cuando se tenga sospecha de su descalibración.
6. Cuando se requiera alguna comprobación especial.

V.1.5 Inspecciones previas a la operación de calibrar

Probador

Verifique:

1. Si los probadores que se van a utilizar en la operación han sido previamente calibrados.
2. El certificado de calibración, fecha, características especiales, producto usado, volumen al punto cero.
3. Nivelación de los probadores que van a usarse.
4. La hermeticidad de todas sus válvulas y acoples. Para ello deberán llenarse previamente todos los probadores y examinarse cuidadosamente, utilizando el sistema de bombeo con el fin de detectar derrames, en caso que el vaciado de los probadores no se haga por gravedad, sino por bombeo.
5. Los sellos colocados en el probador, los números que deben coincidir con los anotados en el certificado de calibración e inviolabilidad de los mismos.
6. Limpieza total de interior del probador: líquidos, objetos extraños como trapos, maderas, trozos de metal, etc.
7. La coincidencia de temperatura de los termómetros fijos se utilizarán.

8. Nítidez en el cuerpo del tanque probador para determinar si hay abolladuras que distorsionen el volumen medido.

Varas

Son reglas de madera consistente con graduaciones en pulgadas o centímetros según el sistema que se use para medir y cuyos números sean clara y fácilmente identificables. La vara deberá ser de 1 pulgada por lado y de una longitud suficiente para que alcance el fondo del tanque que se va a calibrar. Debe estar protegida en su asiento o punto cero con una cobertura hecha de un metal antichispa como cobre o bronce para evitar deformaciones por su uso continuo que le resten exactitud.

Es necesario comprobar la exactitud de las medidas anotadas en la vara antes de iniciar la operación de calibrar, así como la del metro que se utilizara para determinar la medida de vacío de la marca de calibración a la boca de llenar.

Camión - tanque

Verificar lo siguiente:

1. Que el camión-tanque quede con todas sus llantas apoyadas sobre la plataforma nivelada donde se efectuará su calibración.
2. Que el camión esté en la posición en que va a ser llenado posteriormente en el Rack.
3. Que tenga una marca de calibración de fácil lectura y fácil graduación. Al final sugerimos un modelo que llena estas especificaciones.
4. Que esta marca de calibración esté colocada exactamente sobre el eje longitudinal del tanque y en la mitad de cada compartimiento.

5. Que el fondo de los compartimientos que se calibran tenga un punto plano de referencia en el fondo. En caso de no tenerlo es aconsejable que se les instale una platina metálica de 8" x 8" para que sirva como datum plate.
6. Que las válvulas de descarga sean herméticas para evitar que los derrames resten exactitud al volumen del líquido que va a utilizarse para su calibración, y que las mariposas de las válvulas tengan soldadas a su vástago las tuercas que las fijan.
7. Que los espejos o paredes que dividen los compartimientos estén en buenas condiciones de hermeticidad.
8. Que los pernos que aseguran las juntas de las tuberías de descarga, en caso de no ser soldadas las líneas, ofrezcan seguridad de su no remoción. Para tal caso se sugiere que estén dotados de un seguro especial o de sellos numerados controlables.
9. Que no haya tapones en el cuerpo del tanque sin una finalidad específica. En caso de haberlos y que conste que están llenando una función de utilidad práctica, asegurarlos con un sello numerado para su control.
10. Que no tengan un manifold de descarga único, para evitar que pueda pasar por gravedad el producto de un compartimiento lleno, a otro ya descargado y tomado como vacío. Si lo hubiese, deberá tener válvulas de control de flujo que puedan marchamarse para su control.
11. Que cada compartimiento tenga un respiradero y que éste no sea removible, en especial aquellos respiraderos que no son originales y que se construyen con cañería doblada o roscada. La parte final de estos respiraderos deberá estar protegida con un cedazo resistente, de tal

manera que no impida la respiración del tanque y que garantice que no podrá extraerse el producto a través del mismo. Todas las juntas de tubería del mismo deben estar soldadas.

12. Que las bocas de llenar ofrezcan toda la seguridad requerida para evitar que sean removidas total o parcialmente sin violar los sellos. Revisar pernos, seguros, válvulas de respiración incorporadas a la misma, abertura máxima del seguro de la tapa de la boca de llenar y todos aquellos puntos vulnerables.

Nota:

Si se trata de calibrar un carro-tanque, se deberán verificar todos los puntos enumerados para camiones-tanques que sean aplicables a los mismos.

V.1.6 Desarrollo de la operación

Use agua preferentemente; sino la hubiese, use producto de baja presión como kerosina. Después de haber hecho las revisiones de los probadores y del camión-tanque que se va a calibrar, así como del equipo auxiliar, proceda en la forma siguiente:

1. Llene el probador mayor disponible a su capacidad exacta indicada por el punto cero en la escala de su cuello indicada por la parte inferior del menisco del líquido que se usa para calibración.
2. Deje 30 segundos de tiempo para que el líquido se quede quieto y se eliminen burbujas de aire que pudieran haberse formado.
3. Tome inmediatamente las temperaturas del probador y obtenga el promedio de las mismas en caso de ser dos o más temperaturas.

4. Hay que hacer una corrección en el volumen del probador por expansión de sus dimensiones, debido al aumento o disminución de temperatura con relación a la temperatura de calibración del probador.

5. Hecha la corrección, se determinarán, cuántas pulgadas cúbicas de producto hay que agregar o rebajar al punto cero del cuello del probador, convirtiendo a pulgadas cúbicas los galones de más o de menos que mida el probador.

Ejemplo:

Un probador de 750 galones, llenado a su punto cero. Su temperatura 80 F. Para determinar el volumen recibido en el probador, se encuentra el coeficiente de corrección de 1.000364 para 80 F, que multiplicado por 750 galones da un volumen corregido en el probador de 750.273 galones.

Se convierten los 0.273 galones recibidos de más a pulgadas cúbicas multiplicando por 231 número que es equivalente a 1 galón, y se obtiene que los 0.273 galones corresponden a 63,063 pulgadas cúbicas que se extraen del probador para dejar el volumen exactamente a 750 galones.

6. Obtenido el volumen exacto del probador, se procede a vaciar totalmente su contenido hacia el primer compartimiento del camión que se calibra.

7. Esté seguro de que el camión-tanque sea calibrado con las válvulas de fondo abiertas, cuando las tenga.

8. Asegúrese de que no quede producto en mangueras o conexiones instaladas en el complejo del probador al vaciarlo al camión, cuando esta operación se haga por bombeo.

9. Deje un período de 30 segundos para evitar turbulencia y lograr que salgan las burbujas de aire que se pudieran formar en la masa líquida vaciada al camión.

10. Mida con la vara apropiada, colocándola en el punto de referencia o sea en el punto de referencia o en el lugar donde se coloca la chapa de calibración. Ponga pasta para medir agua a la vara y coloque esta última en forma completamente perpendicular al fondo del tanque para obtener una medida exacta. Algunas bocas de llenar tienen instalado un tubo-guía de 1 1/4" para introducir correctamente la vara. Anote la medida que le dio la vara en la hoja de trabajo y repita la medida para estar seguro de la misma. Son suficientes 30 segundos para que la pasta marcadora de agua se decolore.

11. Continúe usando los probadores de tamaño apropiado al volumen del compartimiento que se calibra, utilizando el sistema de corrección de volúmenes indicado en los puntos 4 y 5 anteriores, hasta llegar a una cantidad de 40 galones menor que la capacidad del

compartimiento, con el fin de usar probadores de 5 galones para obtener interpolaciones de medidas de 5 en 5 galones. Mida siempre después de cada llenada y anote en su hoja de trabajo los galones y pulgadas correspondientes.

12. Cuando haya llegado a la cantidad de calibración buscada en un compartimiento: 100 - 1500 galones, etc., reconfirme la medida y coloque la marca de calibración exactamente al nivel medido, asegurando los tornillos que la sostienen con un sello numerado y anotado en la hoja de trabajo.

13. Continúe calibrando el compartimiento con probadores de 5 hasta 30 galones o hasta donde se pueda, sobre su marca de calibración, para poder conocer con exactitud las diferencias en tránsito de más o de menos, midiendo y anotando siempre en su hoja de trabajo.

14. Mida el vacío desde la marca de calibración hasta la boca de llenar y anótelo. Pinte esta medida en el faldón del tanque para referencia y comprobaciones futuras.

15. Continúe calibrando en la misma forma descrita el resto de compartimientos del tanque.

16. En aquellos lugares en que la legislación local exija la aprobación oficial de las calibraciones, se requiere la presencia de un representante del Gobierno para que las certifique.

17. Prepare una tabla de calibración basada en los datos de la hoja de trabajo avalándola con las firmas necesarias y emita las copias necesarias para que sean enviadas a los lugares donde se necesiten, conservando un archivo base para su control. Se recomienda que en el camión-tanque se mantenga una tabla de calibración actualizada.

18. Lleve un registro de las calibraciones de toda su flota de trabajo para mantener un seguimiento sobre la misma. Se adjunta un modelo para que se use o se adapte a sus necesidades.

V.2 Instrucciones para determinar la temperatura promedio de los productos entregados por camiones - tanque

Estas instrucciones deberán seguirse para determinar la temperatura promedio de los productos que se entregan por medio de camiones-tanques. La temperatura de las entregas por otros medios de transporte se tomarán en cada embarque usando los procedimientos que

se describen en la serie de panfletos "Medidas de productos derivados del petróleo" (Measurement of petroleum products".)

1. Cuando un gran porcentaje de camiones-tanques son llenados continuamente durante uno o mas períodos de máxima entrega, se tomarán temperaturas a cada hora de los productos cargados en cada período. La temperatura promedio de los productos cargados en cada período de máxima entrega, será el promedio aritmético de las lecturas de las temperaturas promedio durante el período se tendrá cuidado de no tomar la temperatura del producto en el primer camión que se cargue, ya que las tuberías están descubiertas y la temperatura de la primera carga diferirá considerablemente de la promedio para el período.
2. La temperatura de los productos que se carguen entre períodos de máxima entrega no se tomarán y se asumirá que la temperatura del producto que se cargue es igual a la temperatura promedio del período anterior.
3. La temperatura se tomará en uno de los compartimientos del camión, mientras dure la operación de llenado.
4. Se llevará un récord diario que mostrará las temperaturas promedio y los volúmenes entregados por producto.
5. Las temperaturas se tomarán solamente con termómetros aprobados por el ASIM y con una apreciación de 1 F, iguales a los termómetros y con las mismas especificaciones de los que se usan para tomar las temperaturas de los productos a granel en los tanques atmosféricos de almacenaje.
6. La exactitud de los termómetros se comprobará periódicamente. Esta comprobación puede

hacerse comparando la lectura de varios termómetros expuestos a una temperatura uniforme dentro de un cuarto o en el exterior. Cualquier termómetro que discrepe en más de 1 F, de la temperatura promedio, deberá ser desechado.

Registro diario de la temperatura de las entregas por camiones tanques basado en las lecturas de metros

Planta: _____ Metro No.: 1 Producto: Gasolina regular Fecha: _____

Periodo de máxima entrega (1)	5:00 AM	10:00 AM	2:00 PM	4:00 PM
	7:00 AM	12:00 AM		
Temperatura promedio en fahrenheit	84	85	85	
Factor de conversión	0.9854	0.9848	0.9848	
Lectura final del metro	3732547	3743466	3767373	
Lectura inicial del metro	3720717	3732547	3743466	
Galones facturados a temperatura ambiente (2)	11830	10919	23907	46656 (3)
Galones ajustados a 60 F	10657	10753	23544	45954 (4)
Firma del llenador	_____			Comprobado por
	_____			Clerk de la terminal
	5:00 AM	10:00 AM	2:00 PM	

- (1) Parte del día cuando más camiones son cargados continuamente durante una o más horas.
- (2) Utilizar la capacidad de los camiones tanques en vez de las lecturas de metros, si la facturación ha sido hecha en esa base.
- (3) Para ser reportado en la columna 8 del "Reporte de ganancias o pérdidas de producto a granel".
- (4) Para ser reportado en la columna 11 del "Reporte de ganancias o pérdidas de producto a granel".

Nota: Se ha supuesto que en esta terminal en particular hay tres periodos máximos de entrega durante el día. En cada caso, periodos máximos de entrega serán establecidos de acuerdo con la secuencia de carga, y la experiencia del superintendente de planta.

Registro diario de la temperatura de las entregas por camiones tanques basado en la capacidad de los tanques

Terminal: _____ Producto: _____ Fecha: _____

Períodos máximos de entrega	Temperatura observada	Camión tanque No.	Gls. facturados a temperatura ambiente	Temp. promedio de período máx. de entrega	Factor de conversión	Gls. entregados ajustados a 60 F
1 5:00 AM	83 F	3	3050			
6:00 AM	84 F	5	4780			
7:00 AM	85 F	7	4000			
Total 1er. período	252		11830	84 F	0.9854	10657
10:00 AM	84 F	8	3000			
11:00 AM	85 F	4	3919			
12:00 AM	86 F	7	4000			
Total 2do. período	255		10919	85 F	0.9828	10753
2:00 PM	86 F	3	3050			
3:00 PM	85 F	5	4780			
4:00 PM	84 F	8	3000			
		7	4000			
		4	3919			
		Ajeno	5258			
Total 3er. período	255		23907	85 F	0.9828	23544
Total			46656			45954

(b)

Firma del cargador _____

 5:00 AM
 10:00 AM
 2:00 PM

Comprobado por: _____
 Clerk de la terminal _____

(a) Para ser reportado en la columna 8 del "Reporte de ganancias o pérdidas a granel"
 (b) Para ser reportado en la columna 11 del "Reporte de ganancias o pérdidas de productos a granel"

V.3 Sistemas para recobrar vapores de productos de petróleo volátiles

Las instalaciones para recobrar vapores se han popularizado en gran extensión en la industria del petróleo. Esta aceptación obedece principalmente a los siguientes factores:

1. Regulaciones ambientales
2. Mejorar las condiciones de higiene industrial
3. Mayor seguridad operacional
4. Por factores económicos

Al presente, los sistemas de mayor aceptación son el de absorción y absorción de carbón y absorción - refrigeración.

En principio, la finalidad de ambos sistemas es el mismo: recobrar los gases de combustibles volátiles y por acciones físicas y químicas convertirlos nuevamente a la fase líquida.

Un sistema completo para recobrar vapores consiste en:

1. Consolidar todos los gases de la respiración de tanques con productos combustibles volátiles, por medio de tuberías que van desde las válvulas de respiración de los tanques hasta la unidad de condensado donde los gases son comprimidos, refrigerados y condensados, y luego en fase líquida bombeados a un tanque de almacenamiento determinado.
2. Los camiones-tanques que cargan productos volátiles de estos tanques también se interconectan al sistema de recobrar vapores usando brazos llenadores especiales para llenado superior o de fondo. Los tanques deben de sufrir modificaciones menores para participar en el sistema.

3. Las estaciones de servicio también participan del sistema de recobrar vapores con instalaciones especiales que relacionan los camiones-tanques y los tanques subterráneos de almacenamiento de la estación de servicio.

4. La última etapa del sistema relaciona el vehículo del cliente de la estación de servicio con los tanques subterráneos de la estación, usando pistolas especiales para las bombas de despacho de producto.

La instalación de cualquiera de las cuatro etapas mencionadas anteriormente se podrá hacer cuando las justificaciones económicas así lo indiquen. Estas justificaciones estarán relacionadas con a) el valor total del producto recobrado, b) El costo del sistema y c) los gastos de operación y mantenimiento.

El costo del sistema depende de las etapas consideradas: a) tuberías y accesorios de tanques de almacenamiento; b) conversión de plataformas y brazos de llenado; c) conversión de camiones-tanques; d) costo de unidad convertidora; e) costo de sistema de estaciones de servicio.

Cuando los volúmenes almacenados y despachados de una planta terminal son grandes, la instalación de una unidad de recobrar vapores se amortiza en corto plazo.

Se adjuntan dos gráficas para evaluar el tiempo de amortización de un equipo y volumen recobrado con base en el porcentaje de concentración de hidrocarburos en los vapores expulsados en los brazos llenadores de la planta en estudio.

CONCLUSIONES

- 1.- Se determinaron los diferentes tipos de tanques que existen para el almacenamiento de estos productos, así como las características que los identifican, son éstas las que los hacen más o menos eficaces, lo cual depende del uso que se les dé.
- 2.- Existen varios métodos utilizados para la calibración de tanques tomando en cuenta sus expansiones o dilataciones por temperatura, así como restando el volumen ocupado por ciertas partes que forman el tanque y que disminuyen la capacidad del mismo; éstas pueden ser: estructuras internas, o el techo, si es un tanque que en su interior está formado por un techo foltante.
- 3.- Se llevó a cabo una investigación acerca de los tipos de pérdidas que se pueden dar en una terminal receptora de estos productos, su manera de calcularlas de acuerdo con el tipo de tanque, y los factores que contribuyen al aumento de estas pérdidas, con el objeto de darle énfasis a estos accesorios para disminuir a un máximo la cantidad de pérdidas que se observan en una terminal receptora, y que maneja este tipo de producto, así como algunos formatos para llevar datos estadísticos del comportamiento mensual en cuanto a pérdidas de una terminal.

4.- Se conocieron los accesorios que tienen como finalidad disminuir a un máximo los diferentes tipos de pérdida que se pueden presentar en un tanque, así como los efectos que éstos producen cuando se encontraran defectuosos; también se dio a conocer un mantenimiento preventivo para las diferentes partes que conforman estos accesorios, para evitar perdidas en cualquier instante.

5.- Se determinaron los factores que hay que tomar en cuenta, el equipo, y desarrollo para llevar a cabo la calibración de un camión o carro-tanque, para estar siempre seguros de que al cliente final le va a llegar su producto completo, tomando en cuenta expansiones o contracciones que dependen de la diferencia en temperaturas de carga respecto a la temperatura de descarga.

RECOMENDACIONES

1.- Buscar la manera de colocar en nuestra Planta el tipo de tanque que mejor se ajuste a nuestro producto, y obtener un balance entre costo por pérdidas y costo de construcción y mantenimiento del tanque; el tanque más recomendable para este tipo de producto es el de techo flotante, si queremos disminuir las pérdidas por evaporación, debido a que no posee espacio libre entre el producto y el techo.

2.- Es necesario un mantenimiento preventivo riguroso en cuanto a limpieza y lubricación de los diferentes accesorios que conforman los distintos tipos de tanques, así como mantener en buenas condiciones de pintura el tanque para evitar pérdidas por humedad, e impedir la corrosión.

3.- Debido a que la calibración de los tanques es un factor muy importante en el control de nuestras pérdidas, es necesario contratar los servicios de una empresa seria dedicada a este oficio, para que con su experiencia, nos ofrezcan una mejor garantía en cuanto a la calibración del tanque, y así obtener una capacidad bastante confiable, cuando determinemos la cantidad de producto en existencia en nuestros tanques, y de esta manera nuestras salidas se ajustarán lo mayor posible a la disminución de nuestro inventario físico.

4.- Debemos de llevar un control semanal acerca de las pérdidas que estamos sufriendo, para saber cómo nos encontramos y si existe algún problema, y poder darle una pronta solución, ya que mientras más corto es el período de análisis de pérdidas, más rápido se detectará el problema si existiera.

5.- Es conveniente mantener un control riguroso en cuanto a los camiones o carros-tanque en lo referente a la calibración; esto se logra a través de revisiones continuas en los diferentes compartimientos, para observar si el nivel del producto coincide con el punto de calibración, o bien introduciendo una vara en el compartimiento, y así determinar si al altura que se describe en la tabla de calibración de este camión o carro-tanque coincide con la medida de la vara.

BIBLIOGRAFIA

1. BASILE, RICHARD. Manual técnico de inspección de tanques.
New Jersey: s.l.i. 1,991. 180 p.p.
2. Manual de investigación de tanques. ESSO Central America S.A.
Guatemala: Operaciones. 1,990. 225 p.p.
3. Manual de Operaciones Volumen I. ESSO Standard Oil S.A. LTD.
Miami: s.l.i. 1,988. 350 p.p.
4. Manual de Pérdidas. ESSO Central America S.A.
Guatemala: Operaciones. 1,989. 325 p.p.
5. Manual de Productos. Distribuidora Solares.
2a. edición. Guatemala: Edit. Solares. 1,985. 80 p.p.
6. Manual de Tanques. EXXON Company International.
Miami: s.l.i. 1,988. 247 p.p.
7. Medición Estática de Productos Líquidos. SGS de Guatemala.
Guatemala: s.l.i. 1,993. 350 p.p.

APENDICE "A"

APPENDIX K

ALTERNATIVE PROCEDURE FOR CALCULATING TANK SHELL THICKNESS

K.1 SCOPE

a. This appendix outlines a design procedure for calculating the thickness of tank shells as an alternative to the basic method of API Standard 650, which uses a fixed design point located one foot above the bottom of each course.

b. The procedure * uses a variable design point for each shell course to calculate shell thicknesses which result in actual circumferential shell stresses closer to the design stress than those actual stresses resulting from the basic API-650 design method.

c. The procedure may be applied to the basic API-650 tank and Appendixes D and G tanks.

d. This appendix is applicable only when acceptable to the purchaser.

K.2 ALLOWABLE STRESS

The maximum allowable design stress and the maximum allowable hydrostatic test stress for the shell course under consideration shall be in accordance with those specified for the particular tank (basic API-650 tank or Appendixes D or G tanks) to which this procedure is to be applied except for Appendix G. For Appendix G tanks the allowable stresses for the first course shall be the same as those for the upper courses as shown in Table G-1.

K.3 SHELL THICKNESSES

a. The required shell thickness for each course shall be the greater of design shell thickness plus corrosion allowance or hydrostatic test shell thickness, but in no case shall the total shell thickness be less than that shown in Par. 3.3.3(b).

b. Corrosion allowance for each course shall be specified by the purchaser.

c. The minimum plate thicknesses for both design and hydrostatic test conditions shall be determined as outlined in Par. K.4 through K.6. Independent calculations shall be carried completely through for all courses for the design condition, exclusive of corrosion allowance, and for the hydrostatic test condition. When a

* This procedure normally provides a reduction in course thicknesses and total material weight. More important is its potential to permit construction of larger diameter tanks within the maximum plate thickness limitation. For background information, see: L. P. Zick and R. V. McGrath, "Design of Large-Diameter Cylindrical Shells," *Proc. API Ref.* 48 1114-40 (1968).

greater thickness is used for a shell course, the greater thickness may be used for subsequent calculations of the thicknesses of the shell courses above the course having the greater thickness. Upon completion of calculations, the required shell thicknesses shall be determined in accordance with Par. K.3(a).

d. The use of the calculations shown in Par. K.5 requires that the permitted allowable stress for the bottom and 2nd courses shall be the same.

K.4 BOTTOM COURSE THICKNESS (t_1)

a. Calculate a preliminary value for the bottom course thickness, t_1 , for both the design and hydrostatic test conditions from formulas (K-1) and (K-2), respectively:

Design shell thickness, t_d , in inches

$$= \frac{2.6D(H-1)G}{S_d E} \quad (K-1)$$

Hydrostatic test shell thickness, t_t , in inches

$$= \frac{2.6D(H-1)}{S_t E} \quad (K-2)$$

Where:

D = nominal diameter of tank, in feet.

H = height, in feet, from the bottom of the course under consideration to the top of the top angle or to the filling height limited by the tank overflow.

G = design specific gravity of liquid to be stored as specified by the purchaser. (G shall not be less than 1.0 for basic API-650 tank.)

E = longitudinal joint factor. For basic API-650 tank, $E = 0.85$, except where the provisions of Par. 3.3.3(b) apply, $E = 0.70$. For Appendixes D and G tanks, $E = 1.0$.

S_d = allowable stress for the design condition.

S_t = allowable stress for the hydrostatic test condition.

b. Calculate the bottom course thickness, t_1 , for both the design and hydrostatic test conditions using formulas (K-3) and (K-4), respectively:

Design shell thickness, t_{1d} , in inches

$$= \left[1.06 - \frac{(0.463D)}{H} \sqrt{\frac{HG}{S_d E}} \right] \frac{(2.6HDG)}{S_d E} \quad (K-3)$$

Note: t_{1d} need not be greater than t_d .

Hydrostatic test shell thickness, t_{1t} , in inches

$$= \left[1.06 - \frac{(0.463D)}{H} \sqrt{\frac{H}{S_t E}} \right] \frac{(2.6HD)}{S_t E} \quad (K-4)$$

Note: t_{1t} need not be greater than t_t .

K.5 SECOND COURSE THICKNESS (t_2)

For both the design and hydrostatic test conditions, calculate for the bottom course the value of the ratio

$$\frac{h_1}{\sqrt{rt_1}}$$

Where:

h_1 = height of bottom shell course, in inches.
 r = nominal radius of tank, in inches.

Then,

$$t_2 = t_1, \text{ if the ratio value is } \leq 1.375;$$

or

$$t_2 = t_{2a}, \text{ if the ratio value is } \geq 2.625;$$

or, if the ratio value is > 1.375 but < 2.625 ;

$$t_2 = t_{2a} + (t_1 - t_{2a}) \left[2.1 - \frac{h_1}{1.25\sqrt{rt_1}} \right] \quad (\text{K-5})$$

Where:

t_2 = minimum thickness of second shell course (excluding corrosion allowance), in inches.
 t_{2a} = thickness of second course, in inches, as calculated for an upper shell course described in Par. K.6.

K.6 UPPER COURSE THICKNESS (t_2)

a. For both the design and hydrostatic test conditions, calculate a preliminary value, t_U for the upper course thickness using formulas (K-1) and (K-2), respectively, of Par. K.4.

b. Calculate the distance, x , of the variable design point from the bottom of the course using the lowest value obtained from the following three expressions:

$$\begin{aligned} x_1 &= 0.61\sqrt{rt_U} + 0.32Ch_U \\ x_2 &= Ch_U \\ x_3 &= 1.22\sqrt{rt_U} \end{aligned}$$

Where:

x = minimum value of x_1 , x_2 , or x_3 .

t_L = thickness of lower course at girth joint, in inches.

t_U = thickness of upper course at girth joint, in inches.

$$K = \frac{t_L}{t_U}$$

$$C = \frac{\sqrt{K(K+1)}}{1+K\sqrt{K}}$$

h_U = height from bottom of course under consideration to the top angle or to the bottom of the overflow, in inches.

c. The minimum thickness, t_x , for the upper shell courses shall be computed for both the design and hydrostatic test conditions using formulas (K-6) and (K-7), respectively:

Design shell thickness, t_{dx} , in inches

$$t_{dx} = \frac{2.6D \left(H - \frac{x}{12} \right) G}{S_d E} \quad (\text{K-6})$$

Hydrostatic test shell thickness, t_{tx} , in inches

$$t_{tx} = \frac{2.6D \left(H - \frac{x}{12} \right)}{S_t E} \quad (\text{K-7})$$

d. Use the first calculated value of t_x to repeat the steps outlined in preceding Par. (b) and (c) until there is little difference between the calculated values of t_x in succession. (Normally two additional steps are sufficient.) Repetitive steps will provide a more exact location of the design point for the course under consideration and, consequently, a more accurate shell thickness.

K.7 SPECIAL REQUIREMENTS

a. When this appendix is applied to a basic API-650 tank or Appendixes D or G tanks, the letter "K" shall be stamped on the nameplate by the manufacturer.

b. The manufacturer shall furnish to the purchaser a general plan that shall list for each course: 1, the required shell thicknesses for both the design condition (including corrosion allowance) and the hydrostatic test condition; 2, the nominal thickness used; 3, material specification; and 4, the allowable stresses.

K.8 TABLES AND CALCULATION FORM

a. Typical shell-plate thicknesses of various size tanks for the test condition are listed in Tables K-1, K-2, and K-3. These thicknesses are based on application of the procedure outlined in this appendix to a basic API-650 tank and to Appendixes D and G tanks, respectively. The tables are included for illustration only; they shall not be used to relieve the manufacturer of his responsibility to provide the required shell thicknesses.

b. At the end of this appendix, step-by-step computations exemplify the application of the variable design point procedure. For example, the procedure is applied to an Appendix G tank (280 ft by 64 ft) to determine shell-plate thicknesses of the first three courses.

TABLE K-1—Typical Shell-Plate Thicknesses for Appendix D Tanks Based on Appendix K Method Using 96-in. Courses and an Allowable Stress of 23,000 PSI for Test Condition

Tank Diameter (Feet)	Tank Height (Feet)	Weight of Shell (Tons)	Shell-Plate Thickness for Each Course (Inches)								Nominal Tank Volume (Barrels)
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
200	40	272	0.871	0.659	0.487	0.317	0.313				224,000
220		333	0.949	0.720	0.533	0.375	0.375				271,000
240		388	1.025	0.807	0.574	0.375	0.375				322,600
260		452	1.099	0.907	0.613	0.399	0.375				378,600
280		521	1.171	1.004	0.653	0.427	0.375				439,000
300		594	1.241	1.098	0.692	0.455	0.375				504,000
320		671	1.310	1.189	0.731	0.482	0.375				573,400
340		751	1.377	1.278	0.768	0.509	0.375				647,400
360		835	1.433	1.367	0.804	0.536	0.375				725,800
380		923	1.506*	1.452	0.840	0.536	0.375				808,600
180	48	312	0.956	0.755	0.600	0.443	0.313				217,700
200		376	1.055	0.832	0.664	0.487	0.317	0.313			268,800
220		462	1.150	0.943	0.721	0.533	0.375	0.375			325,200
240		543	1.243	1.064	0.776	0.579	0.375	0.375			387,100
260		632	1.334	1.181	0.833	0.625	0.397	0.375			454,300
280		729	1.423	1.295	0.889	0.670	0.424	0.375			526,800
298		820	1.502*	1.395	0.938	0.710	0.448	0.375			596,800
160	56	332	0.995	0.817	0.678	0.537	0.398	0.313	0.313		200,700
180		411	1.119	0.912	0.760	0.599	0.443	0.313	0.313		254,000
200		502	1.239	1.033	0.836	0.663	0.487	0.317	0.313		313,600
220		614	1.351	1.175	0.908	0.727	0.532	0.375	0.375		379,500
240		723	1.462	1.313	0.982	0.790	0.577	0.375	0.375		451,600
247		763	1.500	1.361	1.007	0.812	0.592	0.379	0.375		478,300
160	64	423	1.139	0.957	0.820	0.677	0.537	0.398	0.313	0.313	229,400
180		527	1.282	1.079	0.918	0.759	0.599	0.443	0.313	0.313	290,300
200		646	1.423	1.242	1.008	0.841	0.662	0.487	0.317	0.313	358,400
212		734	1.502*	1.338	1.061	0.890	0.700	0.514	0.375	0.375	402,700

* Exceeds maximum thickness permitted by Paragraph D.1(d). In order to comply, tank diameter or height would have to be reduced slightly.

TABLE K-2—Typical Shell-Plate Thicknesses for Appendix G Tanks Based on Appendix K Method Using 96-in. Courses and an Allowable Stress of 30,000 PSI for Test Condition

Tank Diameter (Feet)	Tank Height (Feet)	Weight of Shell (Tons)	Shell-Plate Thickness for Each Course (Inches)								Nominal Tank Volume (Barrels)
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
240	40	320	0.798	0.603	0.447	0.375	0.375				322,600
260		365	0.856	0.652	0.482	0.375	0.375				378,600
280		417	0.914	0.730	0.511	0.375	0.375				439,000
300		472	0.971	0.806	0.541	0.375	0.375				504,000
320		530	1.026	0.880	0.572	0.375	0.375				573,400
340		594	1.080	0.952	0.602	0.395	0.375				647,400
360		661	1.133	1.023	0.632	0.416	0.375				725,800
380		730	1.188	1.090	0.661	0.437	0.375				800,200
400		808	1.235	1.156	0.689	0.458	0.375				886,600
220		48	374	0.892	0.704	0.561	0.412	0.375	0.375		
240	436		0.966	0.773	0.608	0.447	0.375	0.375			387,100
260	505		1.038	0.867	0.650	0.482	0.375	0.375			454,300
280	578		1.109	0.958	0.692	0.518	0.375	0.375			526,800
300	656		1.178	1.048	0.736	0.552	0.375	0.375			604,800
320	738		1.247	1.135	0.779	0.587	0.375	0.375			688,100
340	827		1.314	1.220	0.820	0.621	0.392	0.375			776,800
360	920		1.379	1.303	0.862	0.655	0.413	0.375			870,900
380	1018		1.444	1.383	0.902	0.688	0.432	0.375			960,200
400	1120		1.507	1.462	0.942	0.721	0.452	0.375			1,064,000
200	56	399	0.953	0.778	0.648	0.511	0.378	0.313	0.313		313,600
220		489	1.048	0.858	0.709	0.560	0.412	0.375	0.375		379,500
240		575	1.135	0.968	0.764	0.609	0.446	0.375	0.375		451,600
260		667	1.220	1.075	0.819	0.658	0.481	0.375	0.375		530,000
280		766	1.305	1.181	0.876	0.706	0.515	0.375	0.375		614,700
300		870	1.387	1.283	0.932	0.754	0.549	0.375	0.375		705,600
320		980	1.469	1.384	0.987	0.802	0.583	0.375	0.375		802,800
340		1099	1.549	1.481	1.041	0.848	0.616	0.393	0.375		896,800
360		1224	1.627	1.577	1.094	0.895	0.649	0.413	0.375		1,005,500
380		1356	1.705	1.671	1.148	0.950	0.680	0.434	0.375		1,120,300
392	1439	1.750	1.726	1.180	0.985	0.698	0.446	0.375		1,192,100	
200	64	507	1.092	0.913	0.784	0.647	0.511	0.378	0.313	0.313	358,400
220		623	1.201	1.035	0.854	0.710	0.560	0.412	0.375	0.375	433,700
240		734	1.304	1.159	0.922	0.772	0.608	0.447	0.375	0.375	516,100
260		853	1.403	1.280	0.991	0.834	0.655	0.481	0.375	0.375	605,700
280		980	1.501	1.399	1.061	0.896	0.703	0.516	0.375	0.375	702,500
300		1115	1.597	1.515	1.129	0.957	0.749	0.550	0.375	0.375	798,000
320		1257	1.692	1.629	1.196	1.017	0.796	0.583	0.375	0.375	907,900
332		1349	1.748	1.696	1.236	1.058	0.823	0.604	0.375	0.375	977,300

TABLE K-3—Typical Shell-Plate Thicknesses for Appendix G Tanks Based on Appendix K Method Using 96-in. Courses and an Allowable Stress of 34,300 PSI for Test Condition

Tank Diameter (Feet)	Tank Height (Feet)	Weight of Shell (Tons)	Shell-Plate Thickness for Each Course (Inches)								Nominal Tank Volume (Barrels)
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
220	48	341	0.784	0.619	0.492	0.375	0.375	0.375			325,200
240		394	0.850	0.670	0.535	0.393	0.375	0.375			387,100
260		453	0.914	0.737	0.547	0.423	0.375	0.375			454,300
280		518	0.977	0.819	0.611	0.454	0.375	0.375			526,800
300		588	1.039	0.898	0.649	0.485	0.375	0.375			604,800
320		661	1.100	0.976	0.687	0.515	0.375	0.375			688,100
340		738	1.160	1.053	0.724	0.545	0.375	0.375			776,800
360		818	1.218	1.128	0.761	0.575	0.375	0.375			870,900
380		903	1.276	1.200	0.797	0.605	0.381	0.375			970,400
400		994	1.333	1.271	0.833	0.634	0.399	0.375			1,075,200
200	56	358	0.834	0.684	0.568	0.449	0.333	0.313	0.313		313,600
220		440	0.917	0.747	0.623	0.491	0.363	0.375	0.375		379,500
240		514	0.998	0.826	0.674	0.534	0.393	0.375	0.375		451,600
260		595	1.074	0.921	0.723	0.577	0.422	0.375	0.375		530,000
280		683	1.149	1.015	0.771	0.619	0.453	0.375	0.375		614,700
300		776	1.222	1.107	0.821	0.661	0.483	0.375	0.375		705,600
320		874	1.295	1.197	0.869	0.703	0.512	0.375	0.375		802,800
340		977	1.366	1.284	0.918	0.745	0.542	0.375	0.375		906,300
360		1085	1.436	1.370	0.965	0.786	0.571	0.375	0.375		1,016,100
380		1199	1.505	1.454	1.012	0.827	0.599	0.382	0.375		1,132,100
400	1321	1.573	1.536	1.068	0.873	0.627	0.400	0.375		1,254,400	
200	64	453	0.955	0.801	0.687	0.567	0.449	0.333	0.313	0.313	358,400
220		556	1.051	0.884	0.752	0.622	0.491	0.375	0.375	0.375	433,700
240		653	1.146	0.994	0.812	0.677	0.533	0.393	0.375	0.375	516,100
260		758	1.235	1.102	0.872	0.731	0.575	0.423	0.375	0.375	605,700
280		871	1.321	1.208	0.933	0.785	0.617	0.453	0.375	0.375	702,500
300		991	1.406	1.311	0.994	0.839	0.658	0.483	0.375	0.375	806,400
320		1118	1.490	1.413	1.053	0.893	0.699	0.513	0.375	0.375	917,500
340		1251	1.573	1.513	1.112	0.946	0.740	0.540	0.375	0.375	1,035,800
360		1392	1.655	1.610	1.170	1.006	0.779	0.572	0.375	0.375	1,161,200
380		1541	1.735	1.705	1.228	1.070	0.817	0.601	0.382	0.375	1,292,800
384	1573	1.750	1.724	1.240	1.083	0.824	0.607	0.385	0.375	1,321,200	

EXAMPLE OF THE APPLICATION OF VARIABLE DESIGN POINT PROCEDURE TO DETERMINE SHELL-PLATE THICKNESSES

For Design condition Test condition (check one); Specific gravity of liquid, G : 1.0

For API-650 tank Appendix D tank Appendix G tank (check one)

Tank diameter, D : 280 ft; Total height of tank, H : 64 ft; Number of courses: 18

Joint efficiency, E : 1.0; Allowable stress for design, S_d : _____ psi; Allowable stress for testing, S_t : 30,000 psi

For design condition, $S = S_d E =$ _____ psi; For test condition, $S = S_t E =$ 30,000 psi

Height of bottom course, h_1 : 96 in.; Nominal radius of tank, r : 1680 in.

For definition of nomenclature, see Appendix K.

FOR FIRST COURSE (t_1):

For design condition, $t_1 = t_{1d}$ but not greater than t_d .

For test condition, $t_1 = t_{1t}$ but not greater than t_t .

$$t_d = \frac{2.6D(H-1)}{S_d E} = \frac{2.6(280)(63)}{(30,000)(1.0)} = 1.529$$

$$\begin{aligned} t_{1t} &= \left[1.06 - \frac{(0.463D)}{H} \sqrt{\frac{H}{S_d E}} \right] \left[\frac{(2.6HD)}{S_d E} \right] = \left[1.06 - \frac{0.463(280)}{(64)} \sqrt{\frac{(64)}{(30,000)(1.0)}} \right] \left[\frac{2.6(64)(280)}{(30,000)(1.0)} \right] \\ &= [1.06 - (2.026)(0.0462)] [1.553] \\ &= [1.06 - (0.0934)] [1.553] \\ t_1 &= [0.9666] [1.553] = 1.501 \text{ in.} \end{aligned}$$

FOR SECOND COURSE (t_2):

$$\frac{h_1}{\sqrt{rt_1}} = \frac{(96)}{\sqrt{(1680)(1.501)}} = \frac{(96)}{(50.216)} = 1.912; \text{ If } \frac{h_1}{\sqrt{rt_1}} \leq 1.375, t_2 = t_1; \text{ If } \frac{h_1}{\sqrt{rt_1}} \geq 2.625, t_2 = t_{2a}$$

$$\begin{aligned} \text{If } 1.375 < \frac{h_1}{\sqrt{rt_1}} < 2.625, t_2 &= t_{2a} + (t_1 - t_{2a}) \left[2.1 - \frac{h_1}{1.25\sqrt{rt_1}} \right] \\ &= (1.263) + (0.238) \left[2.1 - \frac{(96)}{1.25\sqrt{(1680)(1.501)}} \right] \\ &= (1.263) + (0.238) [2.1 - (1.529)] \\ t_2 &= (1.263) + (0.238)(0.571) = (1.263) + (0.136) = 1.399 \text{ in.} \end{aligned}$$