

27  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
**INGENIERO PETROLERO**  
P R E S E N T A:  
GERARDO DE ATOCHA PAVON REMES

México, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I</b> <b>DESARROLLO HISTORICO</b>	3
<b>CAPITULO II</b> <b>TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO</b>	7
II.1.- Tanques a Presión Horizontales y Verticales.	7
II.1.a.- Recipientes de Balance para Líquidos	
II.1.b.- Separadores Líquido-Líquido	
II.1.c.- Separadores Vapor-Líquido	
II.2.- Tanques Esféricos y Esferoidales	7
II.3.- Tanques Cilíndricos Verticales	12
II.3.a.- Tanques de Techo Cónico	
II.3.b.- Tanques de Techo Flotante	
II.3.c.- Tanques de Techo Fijo con Membrana Interna	
II.3.d.- Tanques Criogénicos	
II.3.e.- Tanques de Techo a Cielo Abierto	
<b>CAPITULO III</b> <b>DISEÑO DE TANQUES</b>	20
III.1.- Materiales	21
III.2.- Tipos de Juntas	24
III.2.1.- Tipos de Soldadura	
III.3.- Diseño del Fondo	25
III.3.1.- Dimensiones de la Placa	
III.4.- Diseño del Cuerpo	25
III.4.1.- Esfuerzos Permisibles	
III.4.2.- Espesor del Cuerpo	
III.5.- Cálculo del Espesor del Cuerpo Utilizando Tablas	30

III.6.- Arreglo de los Elementos del Cuerpo	30
III.6.1.- Juntas Horizontales	
III.6.2.- Juntas Verticales	
III.7.- Carga por el Viento	35
III.8.- Carga por Temblores	35
III.9.- Carga por Nieve	36
III.10.- Registros de Limpieza a Nivel del Fondo	36
III.11.- Registros de Hombre en el Cuerpo	40
III.12.- Diseño de Contraventeos	46
III.12.1.- Contraventeos en Tanques de Techo Fijo	
III.12.2.- Contraventeos en Tanques de Techo Flot.	
III.12.3.- Tipos de Anillos Atiesadores	
III.12.3.1.- Restricciones de los Anillos Atiesadores	
III.12.3.2.- Anillos Atiesadores Usados como Pasarelas	
III.12.3.3.- Soportes para Anillos Atiesadores	
III.12.3.4.- Requisitos de la Soldadura	
III.12.3.5.- Aberturas para Escaleras en los Anillos Atiesadores	
III.13.- Muro de Control de Derrames	49
III.14.- Diseño del Techo	51
III.14.1.- Generalidades	
III.14.2.- Esfuerzos Permisibles	
III.14.2.1.- A Tensión	
III.14.2.2.- A Compresión	
III.14.2.3.- Flexión	
III.14.2.4.- Cortante	
III.15.- Diseño del Techo Cónico	55
III.15.1.- Diseño del Venteo del Techo	
III.15.1.1.- Determinación de los Requisitos de Venteo	
III.15.1.2.- Requisitos de Capacidad Normal de Venteo	
III.15.1.2.a.- Succión	
III.15.1.2.b.- Expulsión	
III.15.1.3.- Medios de Venteo	
III.16.- Diseño del Techo Flotante	59
III.16.1.- Placas del Techo	
III.16.2.- Volumen del Pontón	
III.16.3.1.- Aberturas de los Pontones	
III.16.3.- Mamparas	
III.16.4.- Escaleras	
III.16.5.- Drenaje del Techo	

- III.16.6.- Venteos
- III.16.7.- Patas de Soporte
- III.16.8.- Registros de Hombre en el Techo
- III.16.9.- Dispositivos para Centrar y Evitar la Rotación del Techo
- III.16.10.- Sellos
- III.16.11.- Dispositivos de Medición

**CAPITULO IV  
CIMENTACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO 64**

- IV.1.- Diseño de la Cimentación 65
  - IV.1.1.- Estructura de la Cimentación
  - IV.1.2.- Base de los Tanques
  - IV.1.3.- Cimentación de Terracerias
  - IV.1.4.- Cimentación Forzada con Terraplén
  - IV.1.5.- Cimentación de Terracerias Confinadas con Muro Anular de Concreto
  - IV.1.6.- Cimentación de Terracerias Confinadas con Zapata Anular de Grava, Arena o Piedra Triturada

**CAPITULO V  
MONTAJE DE TANQUES 72**

- V.1.- Montaje de Tanques 72
  - V.1.1.- Procedimiento Número Uno
  - V.1.2.- Procedimiento Número Dos
- V.2.- Manejo de Placas 74
- V.3.- Montaje del Fondo 74
  - V.3.1.- Primer Método
  - V.3.2.- Segundo Método
- V.4.- Tendido del Fondo con Placas Traslapadas 76
  - V.4.1.- Arreglo del Tendido No.-1
  - V.4.2.- Arreglo del Tendido No.-2
  - V.4.3.- Arreglo del Tendido No.-3
- V.5.- Procedimiento de Montaje de Fondos con Placas Anulares 80
- V.6.- Fijación del Cuerpo con el Fondo 82
- V.7.- Intersección de Tres Placas 85
- V.8.- Ajuste y Soldeo de Esquinas Bayoneteadas 85

V.9.- Erección de la Envolvente	88
V.9.1.- Trazos Auxiliares en la Erección	
V.9.2.- Unión y Soldeo de las Juntas Verticales	
V.9.3.- Requerimientos de Horizontalidad de la Envolvente	
V.9.4.- Verticalidad de la Envolvente	
V.9.5.- Redondez de la Envolvente	
V.9.6.- Nivelación de los Anillos de la Envolvente	
V.10.- Montaje de Boquillas	105
V.10.1.- Soldeo de la Boquilla	
V.11.- Montaje de las Puertas de Limpieza	105
V.12.- Erección del Techo Flotante	110
V.12.1.- Erección de los Pontones	
V.12.2.- Instalación del Techo y del Drenaje del Techo	
V.12.2.A.- Tubería de Drene	
V.12.2.B.- Placas del Techo	
V.12.3.- Soportes Provisionales	
V.12.4.- Columnas de Soporte (Postes)	
V.12.5.- Erección de la Escalera del Techo	
V.12.6.- Erección del Poste de Medición y el Poste Anti-Rotacional	
V.13.- Erección del Techo Cónico	117
V.13.1.- Montaje de las Placas del Techo	
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>PRUEBAS, INSPECCION Y MANTENIMIENTO</b>	122
VI.1.- Pruebas	122
VI.1.1.- Pruebas del Fondo	
VI.1.2.- Pruebas del Cuerpo	
VI.1.3.- Pruebas del Techo	
VI.1.3.1.- Prueba de Pontones	
VI.2.- Inspección	124
VI.2.1.- Inspección Externa	
VI.2.2.- Inspección Interna	
VI.3.- Mantenimiento	127
<b>CONCLUSIONES</b>	131
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	133

## INTRODUCCION

El almacenamiento continúa siendo una actividad indispensable en el transporte y manejo de los hidrocarburos.

En la Industria Petrolera, como todos sabemos utilizamos diversos tipos de tanques de almacenamiento, los cuales se diseñan y construyen de acuerdo con las características de los productos que en ellos se van a almacenar.

Al producir petróleo se encuentra el productor con la necesidad de disponer de instalaciones de almacenamiento para hacerse cargo del producto después de que llega a la superficie, durante el tiempo que se somete a tratamiento para eliminar impurezas o mientras se espera que lo saquen del campo productor o a la agencia de transporte.

La necesidad de contar con instalaciones de almacenamiento se presenta también durante las etapas de asentamiento, recolección, deshidratación, medición y embarque.

Cuando se descarga originalmente de la cabeza del pozo o de una trampa de gas, el aceite entra a un "tanque colector", colocándose dos tanquesitos de esta categoría en cada pozo, con facilidades para cambiar el flujo de uno a otro. En ellos se deja asentar parte de las impurezas del aceite y se deja escapar el gas arrastrado que no se separó en la trampa, antes que el aceite entre al sistema de recolección. También se puede hacer la medición en ellos para determinar la producción individual por pozo. De los tanques colectores, el aceite se mueve, tal vez, a una planta central deshidratadora en la que se instalan "tanques de aforo" para almacenar temporalmente aceite húmedo antes de admitirlo a "tanques de tratamiento". En éstos se calienta o se sujeta a tratamiento químico para quitarle el agua. Después de la deshidratación, el aceite, suficientemente liberado de sus impurezas para ajustarse a los requisitos de los oleoductos, puede moverse a "tanques de almacenamiento" en donde el producto se acumula durante algún tiempo antes de transferirlo al oleoducto.

En esos casos el aceite se mide en un "tanque de embarque", especialmente arreglado para facilitar el muestreo y la medición de los volúmenes de aceite.

Los tanques de almacenamiento deben existir en los sitios de embarque o en las refinerías.

Grandes instalaciones de almacenamiento diseñadas por este objeto y controladas por los interesados en el embarque o refinadores, con frecuencia tienen capacidad para almacenar millones de barriles de aceite. El petróleo almacenado de este modo tiene una influencia benéfica para comparar fluctuaciones de estación y de otras clases en el abastecimiento y en la demanda.

Es claro que el problema de almacenamiento de aceite es de gran importancia económica, que afecta no sólo al productor, sino también a quienes están dedicados al transporte, refinación y

ventas como fases de la industria petrolera.

En el Capitulo III se desarrolla el tema de Diseño de Tanques de Almacenamiento ya que esto no es una práctica común de un Ingeniero Petrolero, por lo tanto esta parte está dedicada a todos ellos para darles un instrumento el cual les sirva para conocer más a fondo en este tema.



## CAPITULO I

### DESARROLLO HISTORICO

La historia de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos data desde que se perforaron los primeros pozos petroleros, ya que la producción de éstos tenía que almacenarse en algún sitio; ya fuera en depósitos o en tanques.

Han sido varios los materiales utilizados para la construcción de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, como son: madera, fierro galvanizado, concreto y acero.

Los tanques de duelas de madera fueron los primeros en utilizarse.

Las capacidades de tanques de duela de madera raras veces excedían de 2000 barriles y los tamaños de 500 y 800 barriles eran los más usados. El material del cual eran fabricados era pino o pino gigante de California el cual se embarcaba en forma de duelas al sitio donde se iba a construir el tanque. Las duelas se colocaban de una forma que al colocarse una al lado de otra, alrededor de un fondo circular de madera, formara un tanque tan alto como la longitud de sus duelas. Las duelas se sostenían firmemente juntas con cinchos metálicos o bandas (flejes) que rodeaban al tanque en su circunferencia exterior. Si los bordes de las duelas estaban cuidadosamente biselados de acuerdo con el radio deseado, el tanque era bastante segura contra escurrimiento.

Los tanques de duela de madera no eran tan satisfactorios para el almacenamiento de aceite como lo son y lo eran para el agua. La expansión de la madera bajo la influencia del agua hace que los tanques de duela de madera sean prácticamente herméticos. Esta tendencia de la madera a expandirse no se presenta cuando está en contacto con el aceite, por lo que la única seguridad contra el escurrimiento entre las duelas debía resultar del ajuste preciso de las juntas de las duelas entre sí y con el fondo y la tensión en los cinchos de acero. Esta fue una de las principales razones por la cual no tuvieron mayor desarrollo este tipo de tanques en la Industria Petrolera.

También se utilizaban depósitos revestidos de concreto. Estos eran terrapienes revestidos de concreto, en el cual el concreto era considerado un revestimiento impermeable para los terrapienes. Aquí el terraplén soportaba al concreto, que era relativamente delgado y dotados del refuerzo suficiente sólo para que no se agrietaran. Las paredes del depósito eran generalmente inclinadas con el objeto de dar mayor estabilidad al concreto y al terraplén bajo el peso que imponía el aceite. Los depósitos estaban abajo de la superficie del terreno.

Los depósitos revestidos con concreto para el almacenamiento de petróleo se desarrollaron y aplicaron principalmente en California; consistían generalmente de terrapienes circulares o elípticos de lados inclinados, de 6 a 7,8 m de altura, estando toda la pared interior del terrapién inclinada y el área a nivel rodeada por él, cubierta por una capa de 5 a 10 cm de espesor. Los diámetros eran ocasionalmente hasta de 150 m, siendo el área pavimentada mayor de 2700 m<sup>2</sup>.

Las capacidades variaban de 500 000 a 1 000 000 de barriles.

En California existía un depósito en forma elíptica de 239,4 m de largo, 142,4 m de ancho y 7,0 m de profundidad. Cubría 3,82 ha de terreno y suministraba almacenamiento para 1 045 500 barriles de petróleo crudo. Otro depósito tenía capacidad para almacenar 2 500 000 de barriles de petróleo crudo.

El terrapién que encerraba el depósito estaba en parte formado por excavación de la depresión que constituía el fondo y en parte estaba constituido por el material suelto que provenía de la excavación. El fondo del depósito estaba, por lo tanto, abajo del nivel original de la superficie del terreno, y la parte superior del terrapién estaba a cierta distancia arriba.

Estos depósitos estaban provistos con un techo algo cónico, soportado en parte en partes que descansaban en el piso del depósito y en parte en la parte de arriba del terrapién. Canales y desagües de proporciones adecuadas conducían el agua de lluvia del techo sobre los lados del terrapién. El aceite se introducía y sacaba del depósito por medio de tuberías de metal de gran tamaño, que penetraban el terrapién cerca del nivel del fondo del depósito. En el interior del depósito estas tuberías terminaban en tubería móvil de columpio por medio de las cuales se podía sacar el aceite de cualquier nivel deseado. Se instalaban escaleras en los taludes interior y exterior del terrapién para fácil acceso. Los malacates que controlaban las tuberías de columpio y las escotillas para ventilación y medición, se colocaban en el techo.

También se utilizaron tanques de fierro galvanizado con juntas remachadas y soldadas, pero eran de baja capacidad, de 2500 barriles o menores.

Los tanques de 100 barriles de capacidad o menos se hacían de lámina de fierro lisa galvanizada, pero en tanques más grandes, se aseguraba la fuerza y la rigidez usando fierro corrugado, con las arrugas corriendo horizontalmente alrededor de la coraza. Los tanques de este tipo, que tenían una capacidad de 100 barriles o menos, eran generalmente armados por el fabricante y embarcados completos y listos para el servicio tan pronto como se colocaran en una cimentación adecuada. Aún cuando era barato, este tipo de tanque no era suficientemente resistente para su uso en campos petroleros y se deterioraba rápidamente.

Los tanques de fierro corrugado galvanizado, eran bastante rígidos cuando se construían apropiadamente y eran económicos en capacidades hasta cerca de 2500 barriles (397,5 m<sup>3</sup>).

Los tamaños más grandes debían embarcarse desarmados y ensablarse en el campo, aún cuando es y era posible mover un tanque que tenga capacidad de 500 barriles en un camión grande.

Otro tipo de tanques de almacenamiento que fue utilizado en la Industria Petrolera fue el tanque de concreto reforzado. El uso de concreto reforzado en la construcción de tanques para almacenamiento de aceite recibió seriedad en los Estados Unidos durante los años de la Primera Guerra Mundial, cuando la lámina de metal para tanques de acero se volvió casi imposible de obtener. El uso forzado del concreto durante ese periodo sirvió para demostrar su utilidad práctica y captó el interés de muchos ingenieros para el desarrollo posterior de este tipo de tanque. Algunos ingenieros lo consideraban un rival formidable del tanque de acero convencional.

El tanque de concreto reforzado se consideró que tenía ciertas ventajas definidas sobre el tanque de acero por los motivos que se exponen a continuación. Esos tanques no están sujetos a corrosión y, por lo tanto, no requieren protección contra los agentes que forman óxido, ya sea arriba o bajo el suelo. El material no está sujeto a electrólisis. Los tanques de concreto reforzado pueden diseñarse con mayor margen para resistir la presión externa debida a la presión de la tierra a la carga hidrostática que en los suelos provocan las aguas subterráneas. Los tanques de concreto se pueden construir rápidamente en cualquier forma poco usual que pueda exigir el terreno u otros objetos fijos en la vecindad de la localización seleccionada. La baja conductividad del material aísla el aceite almacenado en esos tanques contra los cambios de temperatura extremados, retardando las pérdidas por evaporación en el verano y haciendo más fácil el bombeo del aceite en el invierno. Además del asunto de temperaturas más uniformes, las pérdidas por evaporación pueden reducirse aún más, ya que un techo de concreto puede hacerse prácticamente hermético, mientras que un techo de acero a veces no lo es. Como resultado de las temperaturas más bajas del aceite, menor conductividad de calor y menos fugas de gas, y también porque el material no atrae los rayos como lo hace el acero, los riegos de incendio del aceite almacenado en tanque de concreto se reducen materialmente. Además los materiales que se usan en la construcción con concreto con frecuencia se encuentran localmente, eliminando así demoras que se originan en el embarque de tanques de acero prefabricados, desde un centro de abastecimiento distante.

El mantenimiento y las reparaciones, como pintura y calafateo a veces resultan importantes si se trata de tanque de acero, son por supuesto, innecesarios en el caso del concreto. Un tanque de concreto probablemente tiene una vida más larga que uno de acero.

Entre las desventajas importantes que pueden mencionarse al comparar el tipo de tanque de concreto reforzado con el de acero, está su falta de portabilidad y su alto costo inicial.

El tanque de acero puede seccionarse y moverse a una nueva localización y volverse a armar, mientras que el tanque de

concreto reforzado es fijo y no tiene valor de recuperación o es muy pequeño en caso de que dure más que la necesidad para la que se construyó.

El factor económico fue y es uno de los determinantes más importantes para que el tanque de acero sea más utilizado que el de concreto.

Los tanques que actualmente son más utilizados son los de acero soldados. En el siguiente capítulo hará la descripción y la clasificación de cada uno de estos tanques.

## CAPITULO II

### TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

#### II.1.- Tanques a Presión Horizontales y Verticales.

Existen muchísimas aplicaciones de los recipientes a presión, sin embargo sólo se presentará en este trabajo algunas de sus funciones. Ver Fig.II.1.

##### II.1.a.- Recipientes de balance para líquidos.

Se emplean para proporcionar capacidad de almacenamiento o bien como medio para regular la presión y flujo de líquidos saturados o subenfriados. Cuando se emplean para almacenar la alimentación a otras unidades de proceso, proporcionan un medio conveniente de asegurar un flujo relativamente sin fluctuaciones. Los recipientes de balance se fabrican para instalarse en forma horizontal o vertical. Ver Fig.II.1.a.

##### II.1.b.- Separadores líquido-líquido.

Estos recipientes son usados para separar por gravedad dos líquidos de densidades diferentes y esencialmente libres de vapor para lograr la separación, el tiempo de retención para una fase líquida debe ser mayor que el tiempo requerido para romper la emulsión de ambas fases; los recipientes horizontales proporcionan una relación tiempo de retención / tiempo de asentamiento mayor que los recipientes verticales. Por lo tanto, los separadores líquido-líquido normalmente son de tipo horizontal.

##### II.1.c.- Separadores vapor-líquido.

Las principales funciones de este tipo de recipientes es separar mezclas vapor-líquido y entregar vapores sustancialmente libres de líquido a otras unidades de proceso. Los separadores de vapor líquido pueden ser de tipo horizontal o vertical.

#### II.2.- Tanques Esféricos o Esferoidales.

Estos tanques sirven para el almacenamiento de aceites muy volátiles que desarrollan alta presión de vapor; algunas veces se usan tanques de formas esféricas o esferoidales.

Estos tanques que son más capaces de resistir las deformaciones, que los tanques de forma convencional, como resultado de las altas presiones internas. En esos tanques los esfuerzos se distribuyen más uniformemente.

Si se mantienen llenos de producto, el espacio disponible para la acumulación de vapores es comparativamente pequeño. Se requieren cimentaciones menos extensas que las que son necesarias para los tanques atmosféricos. Una viga exterior circular que descansa en apoyos de concreto soporta el peso del tanque y su contenido. Armaduras radiales internas ayudan a sostener la forma esférica.

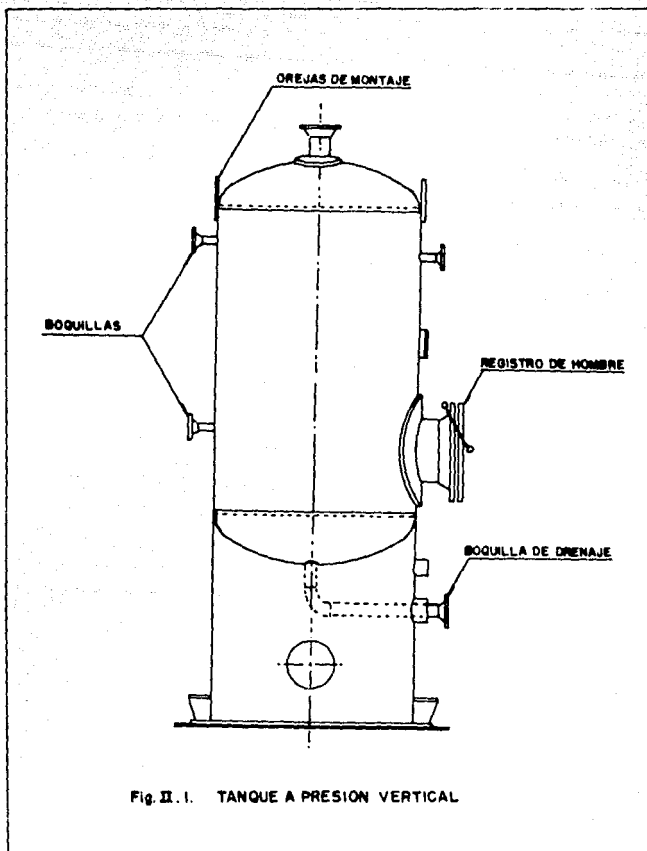


Fig. II. 1. TANQUE A PRESION VERTICAL

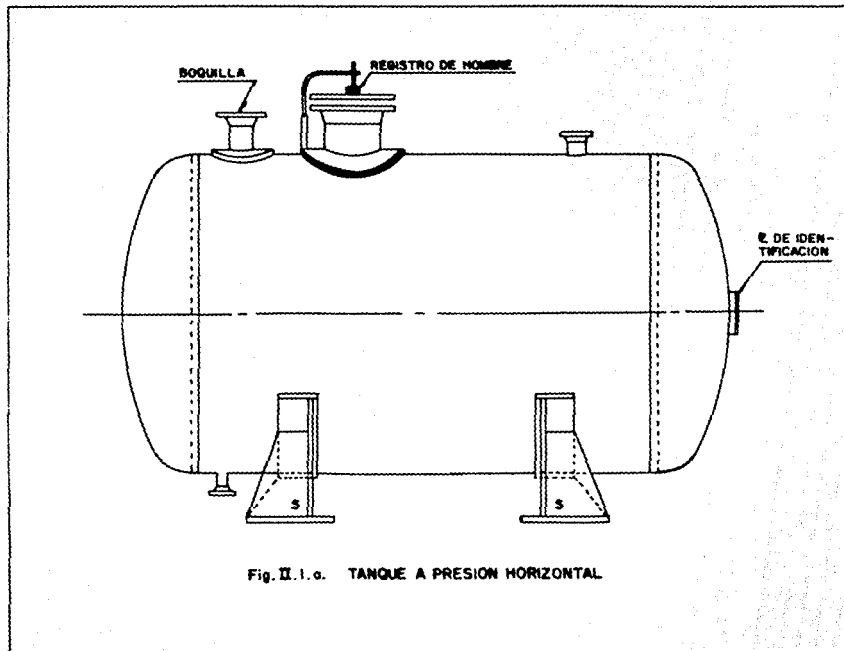


Fig. II. 1. a. TANQUE A PRESION HORIZONTAL

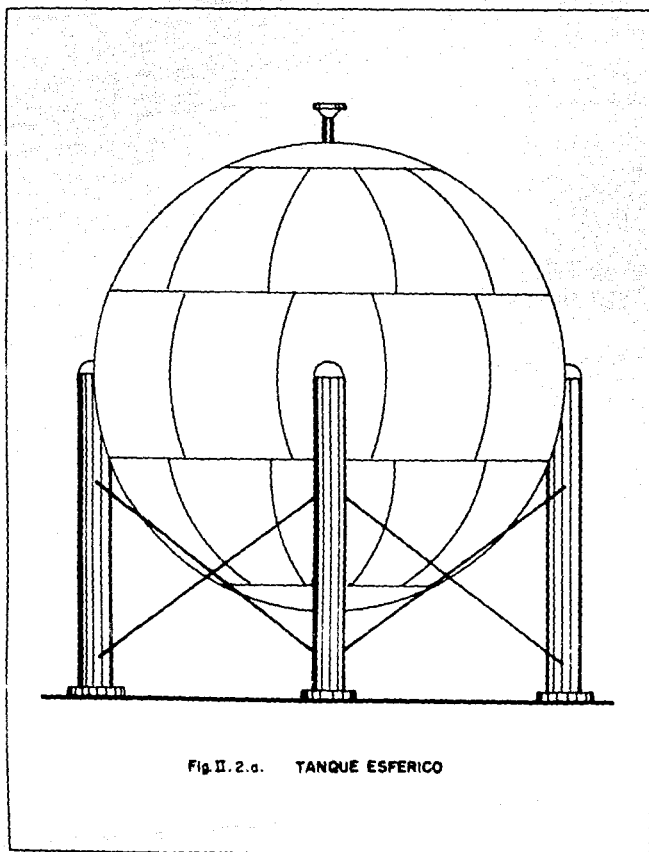


Fig. II. 2. a. TANQUE ESFERICO



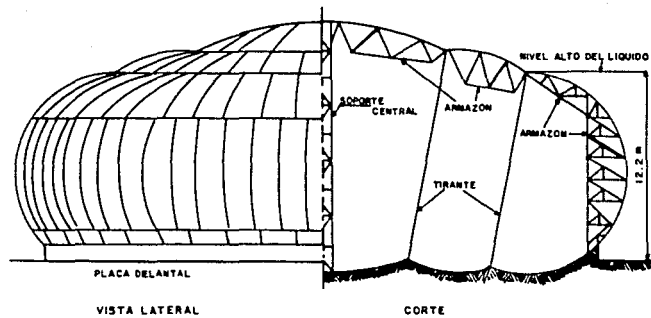


Fig. II.2. b. TANQUE ESFEROIDAL

Tanques de éstos tipos pueden resistir presiones internas hasta de 7 Kg/cm<sup>2</sup>. Se usan principalmente para el almacenamiento de licuado, gasolinas naturales o crudos de gravedad A.P.I muy alta que tienen alta presión de vapor. Ver Fig.II.2.a y Fig.II.2.b.

### **II.3.- Tanques Cilíndricos Verticales.**

#### **II.3.a.- Tanques de Techo Cónico.**

Son recipientes verticales con techo fijo, cerrados, que ventean a la atmósfera a través de válvulas de presión y vacío provistas en la mayoría de los casos de arrestadores de flama, usados para el almacenamiento de hidrocarburos licuados en general con una presión de vapor baja ( 5 Lb/pg<sup>3</sup> gravim. máxima).

Estos tanques están contruidos generalmente con placas de acero montadas en el campo. Los tanques de techo cónico están contruidos de anillos horizontales soldados unos a otros, en forma escalonada para evitar que por esfuerzos a tensiones vaya a haber rupturas en forma longitudinal o vertical y también soldados a placas de techo y fondo. Siguiendo Normas API ( American Petroleum Institute), las capacidades de estos tanques va de 240 a 500000 barriles.

Los techos cónicos usados en estos tanques tienen un declive de 19 mm en cada 30 cm y están soportados en columnas de acero estructural. Ver Fig.II.3.a.

#### **II.3.b.- Tanques de Techo Flotante.**

Son recipientes cilíndricos verticales con techo flotante externo, usados para almacenamiento de hidrocarburos, con una presión de vapor mayor a 5 Lb/pg<sup>3</sup> grav.

El espacio entre el techo y la superficie del aceite en un tanque dentro del que se puede acumular vapor se elimina usando un techo flotante, del cual hay muchos tipos. El tipo sartén está contruido en forma de un cono invertido casi plano, casi tan grande como el diámetro interno de la coraza del tanque, soportado por armaduras radiales. El cono está equipado con un anillo vertical de acero alrededor de su periferia que forma un sello contra la pared interior de la coraza del tanque. El techo durante todo el tiempo, excepto cuando está vacío o casi vacío el tanque, flota directamente en la superficie del aceite en el tanque y el sello evita la evaporación de aceite cerca de las orillas, en donde éste efectivamente cierra el espacio entre el techo flotante y la pared cilíndrica del tanque. Una armazón de acero estructural en el interior del fondo del tanque soporta el techo cuando el tanque está vacío. Una guía de rodillos evita que el techo gire. La lluvia, que cae en el techo, se recoge por medio de drenajes

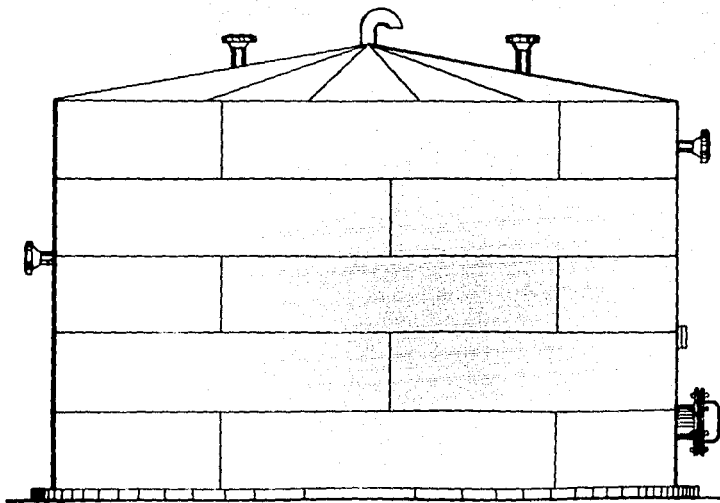


Fig. II.3.a. TANQUE DE TECHO CONICO

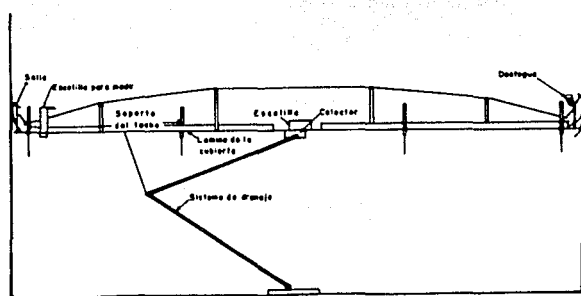
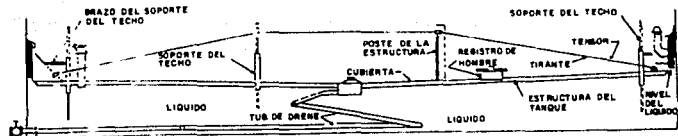
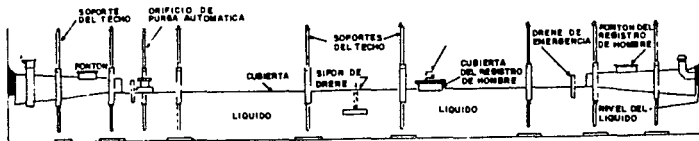


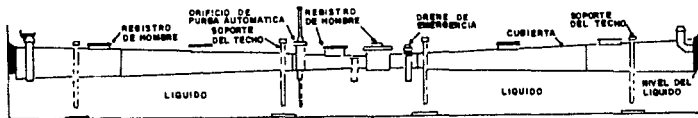
Fig. II. 3. b. I. TANQUE DE TECHO FLOTANTE



TECHO FLOTANTE



PONTON DE UN TECHO FLOTANTE



DOBLE CUBIERTA DEL TECHO FLOTANTE

Fig. N. 3.b.2. CORTE TRANSVERSAL DE UN TANQUE SOFISTICADO DE TECHO FLOTANTE

flexibles en el centro del tanque y se retira por el fondo. Una escalera, fija al borde superior de la coraza del tanque y montada sobre ruedas en el otro extremo, las que descansan en el techo flotante proporciona acceso al techo en ocasiones en que es necesario muestrear o inspeccionarlo. Este tipo de techos es capaz de soportar una carga equivalente a 15 cm de agua sobre su cubierta, pero puede hundirse si una fuga admite fluido a través de la cubierta. Se puede adaptar a tanques de cualquier tamaño.

Un techo de cubierta con pontones está equipado con flotadores herméticos al fluido o pontones que lo mantienen a flote en la superficie del aceite. El techo de pontones de doble cubierta tiene dos cubiertas completas, separadas una de otra por mamparas metálicas que forman una serie de compartimentos herméticos al fluido entre las cubiertas. Un techo así no se hunde fácilmente porque aún cuando uno o varios compartimentos tuvieran fugas, los otros mantendrán el techo a flote.

Debido a su alto costo, los techos de pontones de doble cubierta se usan raras veces en tanques de diámetro mayor de 10.5 m. El techo de pontones Wiggins tiene una sola cubierta sencilla circular, de lámina de acero flexible soportada por un anillo de pontones herméticos alrededor de la circunferencia. Los pontones desarrollan suficiente flotabilidad para mantener el techo a flote en todas las circunstancias. Como una precaución contra las altas temperaturas de almacenamiento, se pueden llevar varios centímetros de agua en la parte sumida de la cubierta entre los pontones. Este tipo de techo flotante se ha usado más que cualquier otro en los tanques de almacenamiento de crudo.

La ventaja que tienen sobre los de techo fijo es la eliminación de fugas por evaporación de hidrocarburos y por lo tanto una menor contaminación ambiental y por ende un ahorro económico en la operación de los mismos. Ver Fig.II.3.b.1 y Fig.II.3.b.2.

### II.3.c.- Tanques de Techo Fijo con Membrana Interna.

Son recipientes cilíndricos verticales con un techo fijo y un techo o membrana interna flotante, el cual fue colocado en fecha posterior al inicio de operación del tanque, ya sea porque de origen debió ser de cúpula flotante externa, cambió de servicio o el fluido manejado tiene mayor presión que la considerada cuando se diseñó. Se usan en el almacenamiento de hidrocarburos o líquidos en general con presión de vapor mayor a 5 Lb/pg<sup>2</sup> grav.

Estos tanques están equipados con un techo de lámina flexible capaz de expandirse y contraerse, según lo requieran las condiciones de presión dentro del tanque. Esto permita que muy poco o nada de gas se escape del tanque cuando el gas se expande, y no necesita admitir aire cuando se contrae. El techo está construido de lámina metálica de poco calibre soldada o remachada y unida al borde superior de la coraza del tanque alrededor de la circunferencia del ángulo de remate (anillo de

coronamiento). En su posición normal el techo simplemente descansa en las cabrias de soporte, que son de una altura ligeramente variable, de modo que el techo toma la forma de una sección de cono invertida. Cuando los vapores de hidrocarburo se expansionan dentro del tanque, el techo se levanta de sus soportes abultándose hacia arriba, acomodando el volumen del tanque al volumen aumentado de los vapores evitando o limitando el aumento de presión. En un tanque de 80000 barriles de este tipo, de 35.7 m de diámetro, el techo puede levantarse 0.30 m arriba de sus soportes en el centro del tanque, aumentando así el espacio para almacenamiento de vapores en 336 m<sup>3</sup>. Como resultado, se eliminan las pérdidas por escapes, excepto cuando ocurren cambios extremos de temperatura. Los techos de membrana interna están equipados con válvulas de control que abren mecánicamente cuando el techo se levanta a una altura prefijada. Los tanques de este tipo son especialmente útiles cuando el aceite se va a almacenar por mucho tiempo.

#### II.3.d.- Tanques Criogénicos.

Son recipientes cilíndricos verticales y constan de un tanque exterior y un tanque interior separados por un material aislante de perlita expandida y el espacio anular ambientado con Nitrógeno o gas natural; operan a una presión interna de 6 a 8 pulgadas de columna de agua.

Se usan en el almacenamiento de productos que operan a temperaturas hasta de -100°C como etileno, propano, propileno, amoníaco, etc.

#### II.3.e.- Tanques de Techo a Cielo Abierto.

Este tipo de tanques son generalmente utilizados para el almacenamiento de agua y alguna otra sustancia no tóxica. Ver Fig.II.3.e.

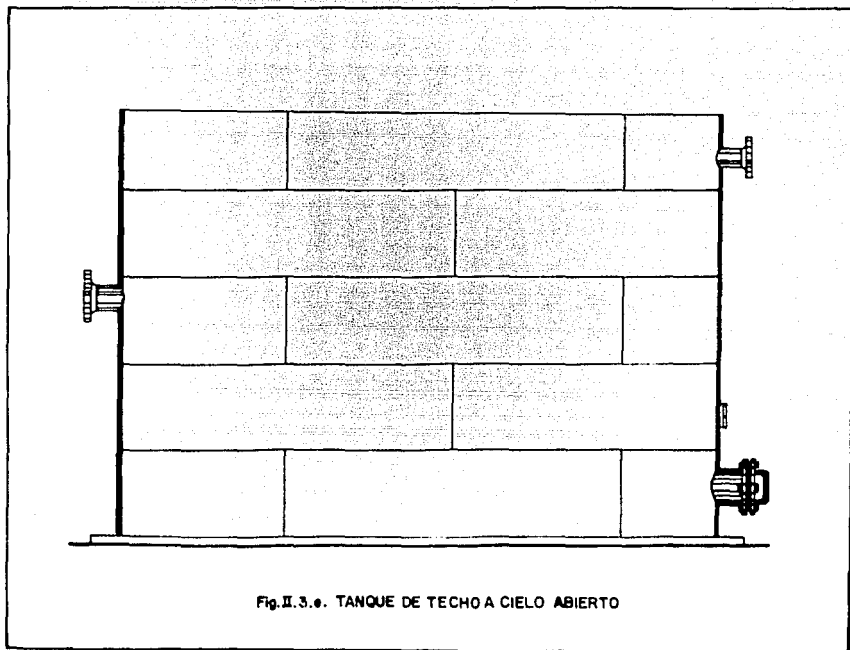
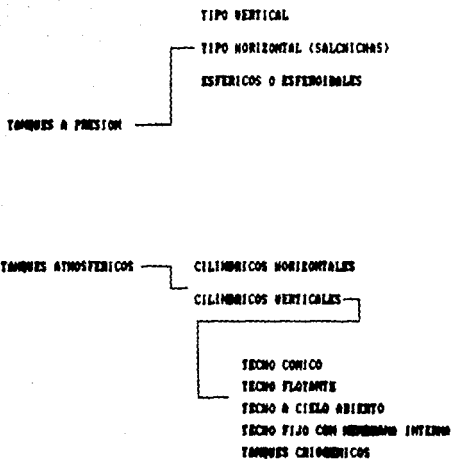


Fig. II. 3. e. TANQUE DE TECHO A CIELO ABIERTO



## TIPOS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO



## CAPITULO III

### DISEÑO DE TANQUES

En el capítulo anterior se hizo una clasificación de los tipos de tanques de almacenamiento y a continuación se tratará únicamente el diseño de los tanques atmosféricos cilíndricos verticales de techo cónico y de techo flotante.

Un tanque atmosférico es aquel tanque de almacenamiento cilíndrico vertical de acero al carbón, soldado, que trabaja a una presión aproximadamente igual a la atmosférica y sujetos a una carga igual a la presión hidrostática del líquido.

Las partes de un tanque de almacenamiento son los siguientes: cimentación (base), fondo, cuerpo (envolvente) y techo o cúpula.

Como se mencionó anteriormente, este trabajo está encaminado a mostrar el diseño de los tanques de techo fijo y de techo flotante, y por lo tanto los factores de diseño para el fondo y el cuerpo son los mismos sin importar el tipo de techo, subsecuentemente se tratará por separado el diseño del techo de tipo fijo (cónico) y del tipo flotante.

Lo referente a la base se tratará en el siguiente capítulo.

En el diseño de tanques para almacenamiento de crudo, destilados tratados y en general de líquidos, un aspecto que influye directamente en la construcción, cimentación, estabilidad y principalmente en el costo de los tanques ya sea de techo fijo o de techo flotante, es lo referente a la proporción con respecto a sus dimensiones principales; esto es, la relación Diámetro-Altura. Por lo que antes de abocarse al cálculo y diseño de sus componentes es conveniente establecer las dimensiones óptimas, independientemente de la capacidad del tanque de que se trate.

Las proporciones óptimas de las dimensiones de un tanque son influenciadas de manera general por el costo de sus componentes principales: cuerpo, fondo, techo y su cimentación. De la precisión de como sean cuantificados el costo de estos componentes, dependerá el poder definir lo óptimo.

Una forma de llevarse a cabo puede hacerse en base al volumen requerido en el tanque dado por:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H.$$

Despejando H se obtiene:

$$H = \frac{4 V}{D^2 \pi}$$

y por lo tanto:

$$D = \sqrt{\frac{V}{\frac{\pi}{4} \cdot H}}$$

donde:

- V = Volumen del tanque en metros cúbicos o bis.
- H = Altura del tanque en metros o pies.
- D = Diámetro del tanque en metros o pies.

En las Tablas III.a y III.b se pueden ver las capacidades nominales de los tanques existentes en la industria petrolera, así como sus dimensiones ya establecidas.

### III.1.- Materiales.

En la construcción de los tanques atmosféricos se utilizan los siguientes materiales:

**Lámina y Placa.-** Materiales y producto de laminación de forma generalmente rectangular cuya diferencia principal se basa en su espesor de acuerdo a lo siguiente:

- Lámina.- Espesor hasta 5mm (3/16") inclusive.
- Placa.- Espesor mayor a 5mm (3/16").

**Solera.-** Material producto de laminación, de perfil rectangular cuyo ancho máximo es de 152 mm (6").

**Tira.-** Material producto del corte de una lámina o placa cuyo ancho máximo es de 305 mm ( 12").

Todos los procedimientos de diseño que se presentan están basados en la Norma API-650 "Diseño de Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Hidrocarburos".

Todos los materiales y procedimientos de diseño deben de cumplir la Norma API-650 además en algunas ocasiones deberán cumplir con la última edición de las siguientes Normas:

- A.S.T.M.- ( American Society for Testing and Materials).  
Asociación Americana para Pruebas y Materiales.

**DIMENSIONES DE TANQUES CILINDRICOS VERTICALES**

CAPACIDAD			DIAMETRO		ALTURA		PESO VACIO	
NOMINAL	REAL		PIES	METROS	PIES	MTS.	LBS.	TON.
BLS.	BLS.	MTS. CUBS.						
500	502	79.89	15' 0"	4.57	16' 0"	4.87	13228	6
1000	1011	160.80	20' 0"	6.10	18' 0"	5.49	19842	9
2000	2019	321.09	24' 6"	7.46	24' 0"	7.31	28660	13
3000	3028	481.48	30' 0"	9.14	24' 0"	7.31	35274	16
5000	5043	801.86	31' 6"	9.65	36' 0"	10.97	48602	22
10000	10105	1606.76	42' 6"	12.95	40' 0"	12.19	65950	39
15000	15036	2380.70	55' 0"	17.68	32' 0"	9.75	127808	58
20000	20389	3237.03	60' 0"	18.29	40' 0"	12.19	171961	78
30000	30083	4763.17	73' 4"	22.36	40' 0"	12.19	244713	111
40000	39930	6348.91	85' 0"	26.91	40' 0"	12.19	317466	144
55000	55940	8894.54	100' 0"	30.48	40' 0"	12.19	416678	180
80000	80660	12806.98	120' 0"	36.58	40' 0"	12.19	604066	274
100000	100438	16906.66	134' 0"	40.84	40' 0"	12.19	760696	346
100000	149111	23706.63	160' 0"	48.72	48' 0"	14.63	1006306	456
200000	214713	34139.43	180' 0"	54.86	48' 0"	14.63	1563942	723

TABLA III. e.

DIMENSIONES DE TANQUE ATMOSFERICO VERTICAL DE TECHO FLOTANTE

CAPACIDAD			DIAMETRO		ALTURA		PESO VACIO	
NOMINAL	REAL		PIES	METROS	PIES	METROS	LBS.	TONS.
BLS.	BLS.	METS. CUBS.						
55,000	55,940	8894.54	100' 0"	30.48	40' 0"	12.19	418,878	190
100,000	100,438	15969.66	134' 0"	40.84	40' 0"	12.19	760,595	345
200,000	214,713	3439.43	180' 0"	54.86	48' 0"	14.63	1593,942	723
500,000	525,825	83674.36	260' 0"	85.34	48' 0"	14.63	3300,000	1500

TABLA III.b.

A.P.I.- ( American Petroleum Institute).  
Instituto Americano del Petróleo.

A.W.S.- ( American Welding Society).  
Sociedad Americana de Soldadura.

A.S.M.E.- ( American Society of Mechanical Engineers).  
Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.

A continuación se hace una breve definición de ciertos términos que se ocupan en el desarrollo de este trabajo.

### III.2.- Tipos de Juntas.

**Junta a tope con soldadura doble.**- Unión de dos elementos estructurales situados en el mismo plano, en contacto por uno de sus bordes y que se sueldan por ambos lados.

**Junta a tope con soldadura sencilla y respaldo.**- Unión de dos elementos estructurales situados en el mismo plano, en contacto por uno de sus cantos y soldados por un sólo lado y respaldado por el otro con una solera o placa.

**Junta a traslape con soldadura doble.**- Unión de dos elementos traslapados, en la que los bordes de ambas piezas se sueldan con soldadura de filete.

**Junta a traslape con soldadura sencilla.**- Unión de dos elementos estructurales traslapados en la que el borde de uno de ellos se sueldan al otro con soldadura de filete.

#### III.2.1.- Tipos de Soldaduras.

**Soldadura en junta a tope.**- Es la soldadura que se deposita en la ranura entre dos elementos situados en el mismo plano ( a tope) y cuyos cantos están en contacto. Los cantos podrán ser rectangulares, en V ( simple o doble) o en U ( simple o doble).

**Soldadura de filete.**- Soldadura que tiene sección transversal aproximadamente triangular y que une dos superficies aproximadamente en ángulo recto una de otra, como en las ensambladas en T, en rincón o traslape.

**Soldadura de filete completo.**- Soldadura de filete, cuyo tamaño es igual al espesor de la pieza más delgada por unir.

**Soldadura provisional o soldadura por puntos.**- Soldadura que se hace para mantener alineados los elementos ensamblados mientras se sueldan definitivamente.

### III.3.- Diseño del Fondo.

#### III.3.1.- Dimensiones de la placa.

Las placas del fondo deberán tener un espesor nominal mínimo de 6 mm (1/4"), o un peso de 49.8 Kg/m<sup>2</sup> (10.2 lb/pie<sup>2</sup>), sin incluir la tolerancia por corrosión. Las placas tendrán forma rectangular y un ancho mínimo de 1829 mm (6'). Las placas de las orillas del fondo sobre las que descansa el cuerpo (envolvente) del tanque que lleven un extremo rectangular, tendrán un ancho mínimo de 1829 mm (6') en dicho extremo. Cuando se utilicen placas cuyo espesor mínimo sea de 6mm (1/4"), no se aceptará ninguna tolerancia del espesor hacia abajo.

Las placas del fondo deberán ser de un tamaño tal que una vez cortadas las orillas, sobresalgan cuando menos 25 mm (1") de la orilla exterior de la soldadura que une el fondo con la placa del cuerpo (primer anillo).

El fondo deberá construirse con un número mínimo de piezas y cuando sea posible se hará de una sola pieza.

Las juntas de las placas del fondo irán soldadas a tope. La soldadura debe efectuarse de manera de obtener penetración completa en el metal base.

#### III.4.4.- Diseño del Cuerpo (Envolvente).

##### III.4.1.- Esfuerzos permisibles.

El esfuerzo máximo a la tensión permisible de diseño (Sd) incluyendo el factor de eficiencia de la junta, será de 1480 Kg/cm<sup>2</sup> ( 21000 Lb/pg<sup>2</sup>).

El esfuerzo máximo a la tensión permisible en la prueba hidrostática (St), incluyendo el factor de eficiencia de la junta será de 1625 Kg/cm<sup>2</sup> ( 23000 Lb/pg<sup>2</sup>) en el espesor total de la placa, incluida la tolerancia por corrosión.

##### III.4.2.- Espesor del cuerpo (envolvente).

El espesor necesario del cuerpo (envolvente) será el mayor de los espesores de diseño, incluyendo la tolerancia por corrosión o el de prueba hidrostática, pero en ningún caso será menor que el especificado en tablas.

Los espesores de diseño del cuerpo se calcularán sobre la base del tanque lleno con el líquido a almacenar, cuya densidad relativa debe ser especificada para incluirla en el diseño.

Los espesores del cuerpo para prueba hidrostática se calcularán sobre la base del tanque lleno con agua.

Los espesores del cuerpo calculados para prueba hidrostática deben usarse cuando éstos sean mayores que los de diseño.

Las siguientes fórmulas sirven para calcular el espesor mínimo necesario de las placas del cuerpo para tanques de pequeña capacidad. El espesor será el mayor de los valores calculados con

las siguientes fórmulas:

Espesor de diseño:

$$td = \frac{(5.0) (D) (H-0.3) (G)}{1480 \text{ ó } Sd} + C \text{ ..... (Sist. Met)}$$

$$td = \frac{(2.6) (D) (H-1) (G)}{21000 \text{ ó } Sd} + C \text{ ..... (Sist. Ing)}$$

Espesor de prueba hidrostática:

$$tp = \frac{(5.0) (D) (H-0.3)}{1620 \text{ ó } St} \text{ ..... (Sist. Met)}$$

$$tp = \frac{(2.6) (D) (H-1)}{23000 \text{ ó } St} \text{ ..... (Sist. Ing)}$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque, m (pies).

H = Altura desde el borde inferior del anillo en consideración hasta la parte superior del ángulo superior o hasta la altura de llenado limitada por el derrame del tanque, m (pies).

G = Densidad relativa de diseño para el líquido.

C = Tolerancia para corrosión especificada, cm (pulg).

Sd = Esfuerzo permisible del material para las condiciones de diseño, 1480 Kg/cm<sup>2</sup> ó 21000 Lb/pg<sup>2</sup>.

St = Esfuerzo permisible del material para prueba hidrostática, 1620 Kg/cm<sup>2</sup> ó 23000 Lb/pg<sup>2</sup>.

td = Espesor del anillo considerado, cm (pulg).

La tolerancia por corrosión generalmente se considera como 0.100 pulg.

A continuación se presenta otro procedimiento para el cálculo del espesor del cuerpo (envolvente) del tanque.

En este procedimiento se utiliza un punto de diseño variable en cada anillo para el cálculo del espesor del cuerpo.

"Espesor del anillo del fondo (t<sub>1</sub>)"

1.- Calcular un valor preliminar para el anillo del fondo (t<sub>1</sub>) para las condiciones de diseño y de prueba hidrostática con las siguientes fórmulas:



$$t_d = \frac{(5) (D) (H-0.3) (G)}{(S_d) (E)} \dots (Sist. Met)$$

$$t_d = \frac{(2.6) (D) (H-1) (G)}{(S_d) (E)} \dots (Sist. Ing)$$

Espesor de prueba hidrostática del cuerpo (tt):

$$t_t = \frac{(5) (D) (H-0.3)}{(S_t) (E)} \dots (Sist. Met)$$

$$t_t = \frac{(2.6) (D) (H-1)}{(S_t) (E)} \dots (Sist. Ing)$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque, m (pies).

H = Altura, m (pies), desde la parte inferior del anillo considerado hasta la parte superior del ángulo superior o la altura de llenado limitada por el derrame del tanque.

G = Densidad relativa de diseño del líquido que va a almacenarse (G no debe ser menor de 1.0 para el diseño básico).

E = Factor de eficiencia para juntas longitudinales. E=0.85 para diseño.

S<sub>d</sub> = Esfuerzo permisible a la tensión para la condición de diseño, 1480 Kg/cm<sup>2</sup> ó 21000 Lb/pg<sup>2</sup>.

S<sub>t</sub> = Esfuerzo permisible a la tensión para la condición de prueba hidrostática, 1620 Kg/cm<sup>2</sup> ó 23000 Lb/pg<sup>2</sup>.

2.- Calcular el espesor del anillo del fondo t<sub>i</sub>, para las condiciones de diseño y prueba hidrostática usando las fórmulas siguientes:

Espesor de diseño (t<sub>id</sub>):

$$t_{id} = \left[ 1.06 - \frac{(0.215) (D)}{(H)} \right] \frac{(H) (G)}{(S_d) (E)} \left\{ \frac{(5) (H) (D) (G)}{(S_d) (E)} \right\} \dots (S. Met)$$

$$t_{id} = \left[ 1.06 - \frac{(0.463) (D)}{(H)} \right] \frac{(H) (G)}{(S_d) (E)} \left\{ \frac{2.6 (H) (D) (G)}{(S_d) (E)} \right\} \dots (S. Ing)$$

t<sub>id</sub> ≤ t<sub>d</sub>.

### Espeor de prueba hidrostática (t1):

$$t1 = \left[ 1.06 - \frac{(0.215)(D)}{(H)} \right] \left[ \frac{(H)}{(St)(E)} \right] \left[ \frac{(S)(H)(D)}{(St)(E)} \right] \dots (S.Met)$$

$$t1 = \left[ 1.06 - \frac{(0.463)(D)}{(H)} \right] \left[ \frac{(H)}{(St)(E)} \right] \left[ \frac{2.6(H)(D)}{(St)(E)} \right] \dots (S.Ing)$$

$$t1 \leq t2$$

### 3.- Espeor del Segundo anillo (t2).

Para ambas condiciones, de diseo y de prueba hidrostática, calcular la relación del anillo del fondo con la siguiente fórmula:

$$\frac{h1}{r t1}$$

donde:

- h1 = Altura del anillo del fondo, cm (pulg).
- r = Radio nominal del tanque, cm (pulg).
- t1 = Espeor del anillo del fondo, cm (pulg).

Entonces:

- t2=t1 si el valor de la relación es  $\leq 1.375$ .
- t2=t2a si el valor de la relación es  $\geq 2.625$ .
- Si el valor de la relación es  $> 1.375$  pero  $< 2.625$  :

$$t2 = t2a + (t1 - t2a) \left[ 2.1 - \frac{h1}{1.25 (r \cdot t1)^{0.5}} \right] \dots (Ambos sist.)$$

Donde:

- t2 = Espeor mínimo del segundo anillo del cuerpo, sin incluir la tolerancia para corrosión, cm (pulg).
- t2a = Espeor del segundo anillo, cm (pulg), calculado como si fuera un anillo superior del cuerpo.

### Espeor de los anillos superiores (tx).

4.- Calcular para las condiciones de diseo y de prueba hidrostática un valor preliminar (tu) (espeor del anillo superior), utilizando las fórmulas anteriormente mostradas.

5.- Calcular la distancia X del punto variable de diseo desde el fondo del anillo, usando el valor más bajo obtenido de las

siguientes expresiones:

$$X1 = 0.61 \cdot (r \cdot t_u)^{0.5} + 0.32 \cdot C \cdot h_u$$

$$X2 = C \cdot h_u$$

$$X3 = 1.22 \cdot (r \cdot t_u)^{0.5}$$

Donde:

X = El menor valor de X1, X2 ó X3; cm (pulg).

tL = Espesor del anillo inferior en la junta periférica, cm (pulg).

tU = Espesor del anillo superior en la junta periférica, cm (pulg).

$$K = \frac{tL}{tU}$$

$$C = \frac{(K)^{0.5} \cdot (K-1)}{1 + k \cdot (K)^{0.5}}$$

hU = Altura desde la parte inferior del anillo considerado hasta la parte superior del ángulo superior o la parte inferior de derrame, cm (pulg).

r = Radio nominal del tanque, cm (pulg).

6.- El espesor mínimo tx para los anillos superiores se calculará para las condiciones de diseño y prueba hidrostática utilizando las siguientes fórmulas respectivamente:

**Espesor de diseño del anillo (tdx).**

$$tdx = \frac{(5) (D) (H-X/100) (G)}{(Sd) (E)} \quad \dots (Sist. Mat)$$

$$tdx = \frac{(2.6) (D) (H-X/12) (G)}{(Sd) (E)} \quad \dots (Sist. Ing)$$

**Espesor prueba hidrostática (ttx).**

$$ttx = \frac{(5) (D) (H-X/100)}{(St) (E)} \quad \dots (Sist. Mat)$$

$$ttx = \frac{(2.6)(H-X/12)}{(St)(E)} \dots (Sist. Ing)$$

7.- Utilice el primer valor calculado de tx para repetir los pasos descritos en los incisos 5 y 6 hasta que sólo exista una pequeña diferencia entre los valores sucesivos de tx (normalmente con dos cálculos adicionales es suficiente). Un mayor número de pasos repetitivos dará una localización más exacta del punto de diseño del anillo considerado y consecuentemente un espesor más exacto del cuerpo.

### III.5.- Cálculo del Espesor del Cuerpo Utilizando Tablas

En las siguientes tablas se mostrarán espesores típicos del cuerpo para tanques de varios tamaños y para la condición hidrostática.

Los espesores mostrados en las tablas están basados en la aplicación del procedimiento descrito anteriormente.

Las tablas se incluyen únicamente como ilustración para que el diseñador se de una idea y las mismas no releva la responsabilidad de calcular el espesor necesario del cuerpo (envolvente). Tablas III.5.a, III.5.b.1, III.5.b.2, III.5.c.1 y III.5.c.2.

### III.6.- Arreglo de los elementos del Cuerpo

El cuerpo se diseñará de manera que los anillos queden perfectamente verticales. Las placas del cuerpo en las juntas horizontales a tope, tendrán su eje vertical común.

En las juntas verticales de los anillos adyacentes no deberán ser colineales; dichas juntas deberán estar separadas por una distancia de 5t siendo t el espesor de la placa más gruesa de las juntas.

#### III.6.1.- Juntas Verticales.

Las juntas verticales serán a tope, con fusión y penetración completas con cualquiera de los métodos de soldar que se obtenga una calidad de depósito de soldadura en el interior y exterior de las superficies por soldar.

#### III.6.2.- Juntas Horizontales.

Las juntas horizontales serán a tope con soldadura doble, la que tendrá fusión completa con el metal base en todo su espesor. Las juntas horizontales tendrán fusión y penetración completas en una longitud mínima de 76 mm (3") a cada lado de las juntas

TABLA III.5. RESERVAS TÍPICAS DE LAS PLACAS DEL CUERPO PARA TANQUES ATMOSFÉRICOS  
 DIÁM. INTERNO 24" (610 mm) y 30" (762 mm) DE ALTO PARA UN ESPESOR  
 PARA LA CONDICIÓN DE TENSIÓN ATMOSFÉRICA. (3)

Diámetro del Tanque en m	Altura del Tanque m	Peso del Cuerpo Tons	(Anillo Inferior)		Espesor de las placas del Cuerpo para c/anillo en mm				(Anillo Superior)		Capacidad Nom. Tanque Barriles
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
60-72	12.19	177	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
72-84		212	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
84-96		247	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
96-108	14.63	282	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
108-120		317	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
120-132		352	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
132-144	17.06	417	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
144-156		452	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
156-168		487	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
168-180	19.50	552	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000
180-192		587	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000
192-204		622	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000

Excede el espesor máximo permitido. Con el objeto de cumplir altura o diámetro reducir ligeramente.

Diámetro del Tanque pies	Altura del Tanque pies	Peso del Cuerpo Tons	(Anillo Inferior)		Espesor de las placas del Cuerpo para c/anillo				(Anillo Superior)		Capacidad Nom. Tanque Barriles
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
60	60	177	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
72		212	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
84		247	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82				120000
96	48	282	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
108		317	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
120		352	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82			120000
132	56	417	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
144		452	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
156		487	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82		120000
168	64	552	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000
180		587	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000
192		622	10-16	16-22	12-24	8-85	7-82	7-82	7-82	7-82	120000

Excede el espesor máximo permitido. Con el objeto de cumplir altura o diámetro reducir ligeramente.

TABLA II.5.5.1 ESPESORES TÍPICOS DE LAS PLACAS DEL CUERPO  
 PARA ANILLOS ELÍPTICOS, PUNDO ANILLOS DE 150 mm  
 DE ALTIMETRO EN EL CENTRO, PERMISIBLE DE 111 kg/cm<sup>2</sup>  
 PARA LA CONDICIÓN DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA.

Diámetro del Tanque en m	Altura del Tanque en m	Peso del Cuerpo Tonel	Anillo inferior		Espesor de las placas del Cuerpo para cada Anillo en mm					Anillo superior		Capacidad del Tanque en m <sup>3</sup>
			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8		
12.19	12.19	220	20	17	11	8	6					1200
14.63	14.63	230	20	17	11	8	6					1200
17.06	17.06	230	20	17	11	8	6					1200
19.50	19.50	230	20	17	11	8	6					1200



TABLE III. 3. n. 1. - ESPESORES TÍPICOS DE PLACAS PARA ENVOLVENTES DE TANQUES ATMOSFERICOS  
USANDO ANILLOS DE 30 PULGADAS Y UN ESPESOR PERMITIDO DE 3/16 INCHES  
PARA LA CONDICION DE PRESION HIDROSTATICA

Diámetro del tanque en metros	Altura del tanque en metros	Peso del cuerpo en toneladas	Anillo Inferior		Espesor de las placas del cuerpo para 2 anillos				Anillo Superior		Capacidad Nom. Tanque Barriles
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
14.63	14.63	724	0.78	0.61	0.41	0.30	0.22	0.16	0.12	0.09	115,000
17.06	17.06	1000	0.84	0.66	0.44	0.32	0.24	0.18	0.14	0.10	167,000
19.50	19.50	1300	0.90	0.72	0.48	0.36	0.28	0.20	0.16	0.12	230,000

TABLE III. 3. n. 2. - ESPESORES TÍPICOS DE PLACAS PARA ENVOLVENTES DE TANQUES ATMOSFERICOS  
USANDO ANILLOS DE 30 PULGADAS Y UN ESPESOR PERMITIDO DE 3/16 INCHES  
PARA LA CONDICION DE PRESION HIDROSTATICA

Diámetro del tanque en pies	Altura del tanque en pies	Peso del cuerpo en toneladas	Anillo Inferior		Espesor de las placas del cuerpo para 2 anillos en pulgadas				Anillo Superior		Capacidad Nom. Tanque Barriles
			No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	
48	48	724	0.78	0.61	0.41	0.30	0.22	0.16	0.12	0.09	115,000
56	56	1000	0.84	0.66	0.44	0.32	0.24	0.18	0.14	0.10	167,000
64	64	1300	0.90	0.72	0.48	0.36	0.28	0.20	0.16	0.12	230,000



verticales.

Las soldaduras por puntos o provisionales se consideraran sin ningún valor de resistencia estructural.

El tamaño mínimo de la soldadura de filete serán como sigue:

a).- En placas hasta de 5 mm (3/16") de espesor, usar filetes completos.

b).- En placas con espesores mayores de 5 mm (3/16"), se debe utilizar filetes con tamaño mínimo de 1/3 del espesor de la placa más delgada en junta, pero no deberá ser mayor de 5mm (3/16").

Las juntas traslapadas con soldadura sencilla sólo se emplearán en las placas del fondo y del techo.

Cuando se suelden con puntos las juntas traslapadas, deberán tener como mínimo un traslape de 5 veces el espesor nominal de la placa más delgada en la unión. En el caso de juntas traslapadas con soldadura doble, el traslape máximo será de 51 mm (2") y en el caso de juntas traslapadas con soldadura sencilla, el traslape máximo será de 25 mm (1").

### III.7.- Carga por el Viento

La carga que el viento ejerce sobre la superficie de un tanque de almacenamiento, puede calcularse con la presión por velocidad multiplicada por el coeficiente de fuerza de viento y por el área proyectada, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W = P_v \cdot C \cdot A$$

Dónde:

W = Carga por viento, Kg (Lbs).

P<sub>v</sub> = Presión por Velocidad, Kg/cm<sup>2</sup> (Lb/pg<sup>2</sup>).

C = Coeficiente de fuerza por el viento.

A = Área proyectada, m<sup>2</sup> (pie<sup>2</sup>).

El valor de la presión por velocidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_v = 120^4 \cdot h$$

Dónde:

h = Altura del nivel del suelo, m (pies).

El valor de C: para tanque cilíndrico C=0.7.

para tanque esférico C=0.4.

### III.8.-Carga por Temblores

Para el cálculo de esta carga puede emplearse la siguiente fórmula:

$$E = K ( G_1 + G_2 + P )$$

Dónde:

- E = Carga por temblores (Toneladas).
- G1 = Peso del tanque incluyendo los soportes (Toneladas).
- G2 = Peso del contenido del tanque (Toneladas).
- P = Carga "viva" en caso de nieve (Toneladas) si el valor de P es pequeño comparado con G1 y G2 éste puede desperdiciarse.
- K = Coeficiente lateral sísmico.

$$K = K_0 \cdot (\alpha) \cdot (\beta)$$

Dónde:

- K<sub>0</sub> = Valor estándar del coeficiente lateral sísmico (depende del lugar) . Fig.III.8.
- α = Coeficiente de variación sísmica debida a las condiciones del suelo. El valor de este coeficiente es de acuerdo al tipo d suelo sobre el cual está asentado el tanque.
  - α = 0.6 rocas cuya dureza sea de alto valor (asiento basáltico).
  - α = 0.8 para asiento de suelos arenosos fuertemente comprimidos.
  - α = 1.0 cualquier otro suelo no incluido en los anteriores.
- β = Coeficiente de decremento sísmico. Está condicionado por el lugar y varía de 0.8 a 1.0.

### III.9.- Carga por Nieve

La carga sobre el tanque actúa por efecto de nieve, puede calcularse con la densidad de la nieve multiplicada por la máxima altura de nieve sobre el tanque.

### III.10.- Registros de Limpieza al Nivel del Fondo

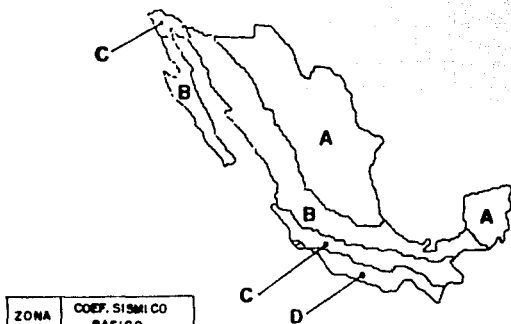
A causa de la restricción impuesta por el fondo del tanque y la forma del refuerzo, los registros de limpieza que tienen su lado inferior al nivel del fondo necesitan una atención especial, por lo cual se dan las siguientes reglas:

1.- Los registros para la limpieza que tienen su lado inferior en el nivel del fondo del tanque se sujetarán a las reglas siguientes:

a).- Las aberturas serán de forma rectangular, con sus esquinas superiores redondeadas con un radio mínimo igual a un tercio de la altura mayor del claro de la abertura. La altura de la abertura no deberá exceder de 1219 mm (48").

b).- La abertura reforzada se ensamblará previamente dentro de las placas del primer anillo del cuerpo.

c).- Si cualquiera de las placas en el arreglo del registro tiene un espesor superior a 16 mm (5/8"), el arreglo completo incluyendo la placa del cuerpo, se someterá a un relevado de esfuerzo, a una



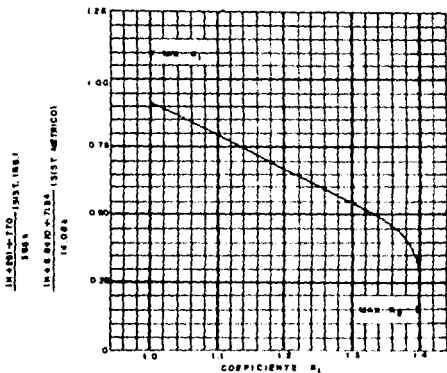
ZONA	COEF. SISMICO BASICO
A	0.2083
B	0.312
C	0.466
D	0.632

NOTA: EN LA ZONA SISMICA B CONSIDERAR  
ACELERACION VERTICAL DE 0.624

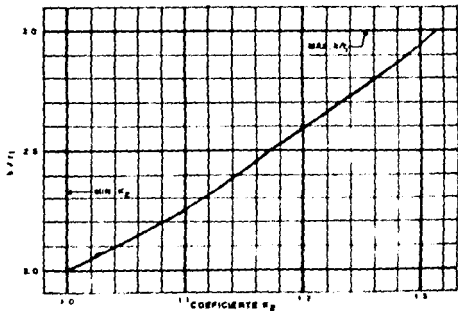
EN LA ZONA SISMICA C CONSIDERAR  
ACELERACION VERTICAL DE 0.234

Fig. III. 8. ZONAS SISMICAS DE LA REPUBLICA MEXICANA

Fig. III.10.a. FACTORES DE DISEÑO PARA REGISTROS DE LIMPIEZA AL NIVEL DEL FONDO



A - COEFICIENTE  $K_1$  PARA DETERMINAR EL AREA MINIMA DEL REFUERZO DE LA ENVOLVENTE EN LA PARTE SUPERIOR DE LA ABERTURA



B - COEFICIENTE  $K_2$  PARA DETERMINAR EL ESPESOR MINIMO DE LA PLANCHA DE REFUERZO DE LA ENVOLVENTE

h: ALTURA VERTICAL MAYOR O CLAVO DE LA ABERTURA, en (In.)  
 $r_1$ : RADIO DE CURVATURA DE LAS ESQUEMAS SUPERIORES DEL CLAVO DE LA ABERTURA, en (In.)  
 $r_2$ : ALTURA DEL TAMBOR, en (Inches)  
 D: DIAMETRO INTERIOR DEL TAMBOR, en (Pies)

temperatura entre 593°C y 643°C (1100°F y 1200°F), manteniéndose esta temperatura durante 1 hora por cada 25 mm (1") de espesor.

2.- El área de la sección transversal del refuerzo del cuerpo sobre la parte superior de la abertura no será menor de:

$$\frac{K_1 \cdot h \cdot t}{2}$$

dónde:

$K_1$  = Coeficiente de área, Fig.III.10.a.

$h$  = Altura mayor o claro de la abertura, cm (pulg).

$t$  = Espesor de la placa del cuerpo, cm (pulg).

3.- En ningún caso el espesor de la placa de refuerzo de la envolvente deberá ser menor que el producto que resulta de multiplicar el espesor requerido para la placa del cuerpo por el coeficiente  $K_2$ . Fig.III.10.a.

4.- El refuerzo en la parte superior de la abertura deberá quedar dentro de una altura "L", desde el fondo del tanque. "L" será como máximo igual a 1.5h, excepto que L-h no debe ser menor de  $h/2K_2$ , ni menor de 152 mm (6") en el caso de aberturas pequeñas. Cuando por esta excepción la altura "L" resulta mayor de 1.5h, únicamente deberá considerarse como refuerzo efectivo al comprendido dentro de la distancia 1.5h.

5.- El refuerzo necesario podrá proporcionarse por medio de una o cualquier combinación de la siguientes alternativas:

a).- Con una placa de refuerzo del cuerpo.

b).- Con cualquier exceso de espesor de la placa del cuerpo arriba del necesario.

c).- Con la parte de la placa del cuello, igual al espesor de la placa de refuerzo.

6.- El ancho mínimo de la placa de refuerzo del fondo del tanque sobre el eje horizontal de la abertura, será de 254 mm (10"), más la suma de los espesores de las placas del cuerpo y de su refuerzo.

El espesor mínimo de la placa de refuerzo del fondo "tb", se determinará por medio de la siguiente fórmula:

$$tb = \frac{h^2}{35560} + \frac{b}{171.1} \sqrt{H} \quad \dots (Cm)$$

$$tb = \frac{h^2}{14000} + \frac{b}{310} \sqrt{H} \quad \dots (\text{Pulg}) ,$$

dónde:

tb = Espesor de la placa de refuerzo del fondo, cm (pulg).  
 b = Ancho horizontal del claro de la abertura, cm (pulg).  
 h = Altura máxima del claro de la abertura, cm (pulg).  
 H = Altura del cuerpo del tanque, m (pies).

7.- El número de puertas para limpieza al nivel del fondo estará de acuerdo con la Fig.III.10.b.

### III.ii.- Registros Hombre en el Cuerpo

Las Placas de refuerzo para los registros de hombre, deberán llevar un agujero de aviso o testigo (tell tale hole) de 6.4 mm (1/4") de diámetro con el propósito de detectar fugas a través de las soldaduras interiores. Dichos agujeros deberán localizarse sobre el eje horizontal y deberá pasar al lado de la placa de refuerzo, así como estar abiertas a la atmósfera.

Las marcas para registros de hombre podrán fabricarse con prensa o ser prefabricados con piezas soldadas.

El mayor diámetro del agujero abierto en el cuerpo será la suma del diámetro interior del marco, más cuatro veces el espesor de la brida de conexión, más 25 mm (1").

Las aberturas reforzadas en las tapas de los registros de hombre deberán limitarse a la mitad del diámetro de la abertura, no debiendo exceder de 305 mm (12") de diámetro nominal de tubo. El refuerzo adicional de las aberturas podrá ser una placa de refuerzo o un incremento en el espesor de la tapa; pero en cualquiera de los dos casos se deberá suministrar un área de refuerzo adicional no menor que el área de la abertura cortada sobre la tapa.

Los registros de hombre en el cuerpo deberán diseñarse de acuerdo a la Fig.III.ii.a.

En las Tablas III.ii.b y III.ii.c se presentan las dimensiones y el número de registros de hombre en el cuerpo y en el techo para tanques de techo fijo y de techo flotante respectivamente; así, como las dimensiones de conexiones y boquillas.

En la figura III.ii.d se muestra la forma de diseño de un registro de hombre en el techo.







Fig. III. II. b.

## CONEXIONES Y BOQUILLAS PARA TANQUES DE TECHO FIJO

CAPACIDAD EN B. L. S.	1 ENTRADA DE PRODUCTO	2 SALIDA DE PRODUCTO	3 REGISTRO HOMBRO TECHO	4 REGISTRO HOMBRO CUBIERTO	5 MUESTRO	6 VENTO	7 DRENAJE TANQUE	8 CAMARA DE ESPUMA	9 INDICADOR DE NIVEL	10 PUERTA DE LIMPIEZA	11 GAS DE SELLO	12 ENTRADA DE VAPOR	13 SALIDA DE CON- DENSAO
500	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUE- RIMIENTOS DE PROCESO	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUE- RIMIENTOS DE PROCESO	24"	24"	8"	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUE- RIMIENTOS DE PROCESO	4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUE- RIMIENTOS DE PROCESO	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUE- RIMIENTOS DE PROCESO
1 000			24"	24"	8"		4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
2 000			24"	24"	8"		4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
3 000			24"	24"	8"		4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
5 000			24"	24"	8"		2 DE 4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
10 000			24"	24"	8"		2 DE 4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
15 000			24"	24"	8"		2 DE 4"	2 DE 4"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
20 000			24"	24"	8"		3 DE 4"	2 DE 8"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
30 000			24"	24"	8"		3 DE 4"	2 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
40 000			24"	24"	8"		3 DE 4"	2 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
55 000			24"	24"	8"		4 DE 4"	2 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
80 000			24"	24"	2 DE 8"		4 DE 4"	4 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
100 000			2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"		4 DE 4"	4 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"		
150 000	2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"	4 DE 4"	4 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24"x24"	1 DE 3" 1 DE 3/4"					
200 000	2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"	6 DE 6"	6 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 48"x48"	1 DE 3" 1 DE 3/4"					

Fig. III. II. c.  
CONEXIONES Y BOQUILLAS

CAPA-	1 ENTRADA DE PRODUC- TO	2 SALIDA DE PRODUC- TO	3 REGISTRO HOMBRE TECHO	4 REGISTRO HOMBRE CUERPO	5 BOQUIL- LA DE MEDIDOR Y MUESTRO	6 VENTO	7 DRENAJE TANQUE	8 DRENAJE TECHO	9 CAMARA DE ESPUMA	10 DRENAJE	11 INDICA- DORA DE NIVEL	12 PUERTA DE LIMPIEZA	13 RESPI- RADERO
55,000	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE PROCESO	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE PROCESO	24"	24"	8"	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE PROCESO	4 DE 4"	2 DE 4"	2 DE 10"	4 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 24" x 24"	SE DIMENSIONA DE ACUERDO A REQUERIMIENTOS DE PROCESO
100,000			2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"		4 DE 4"	2 DE 4"	4 DE 10"	4 DE 10"	1 DE 8"	1 DE 36" x 48"	
200,000			2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"		6 DE 6"	3 DE 4"	6 DE 10"	1 DE 10"	1 DE 8"	2 DE 48" x 48"	
500,000			2 DE 24"	2 DE 24"	2 DE 8"		6 DE 8"	4 DE 6"	11 DE 4"	1 DE 10"	1 DE 8"	4 DE 48" x 48"	

PARA TANQUES DE TECHO FLOTANTE



### III.12.- Diseño de Contraventeos

#### III.12.1.- Contraventeos en Tanques de Techo Fijo.

Los tanques de techo fijo llevan los contraventeos en el cuerpo.

La altura del cuerpo sin reforzar no deberá exceder de la calculada con la siguiente fórmula:

$$H_1 = 0.0299 \left[ (100+t)^{0.5} / D^{0.3} \right]^{0.5} \dots (\text{Sist. Met})$$

$$H_1 = 6 \left[ (100+t) \left[ (100+t) / D^{0.3} \right]^{0.5} \right]^{0.5} \dots (\text{Sist. Ing})$$

Dónde:

$H_1$  = Distancia vertical entre el refuerzo intermedio contra el viento y el ángulo superior del cuerpo o contraventeo superior de un tanque abierto, m (pies).

$t$  = Espesor promedio del cuerpo en la altura  $H_1$ , cm (pulg).

$D$  = Diámetro nominal del tanque, m (pies).

Las fórmulas anteriores están basadas en una velocidad de 160 Km/hr ( 100 millas/hora); para otras velocidades,  $H_1$  se deberá multiplicar por  $(160.9/V)^2$  en el sistema métrico o  $(106/V)^2$  en el sistema inglés, siendo  $V$  la velocidad en kilómetros por hora (millas por hora).

Para determinar la altura máxima de un cuerpo sin reforzar, se debe hacer un cálculo inicial usando el espesor de la placa del anillo superior de ésta. Los cálculos adicionales deberán basarse en el espesor promedio, aumentado por la inclusión de parte o todo el siguiente o siguientes anillos, hasta que la altura  $H_1$  sea igual o menor que la altura del cuerpo utilizada para la determinación del espesor promedio. Si  $H_1$  es mayor aún que la altura del tanque usada en el cálculo del espesor promedio, entonces no se requerirán refuerzos intermedios.

Después de determinar la localización del primer refuerzo intermedio cuando se requiera, deberá comprobarse la parte de cuerpo que queda abajo del anillo de refuerzo, suponiendo este primer anillo como parte superior del tanque y procediendo como se indicó anteriormente.

La localización del refuerzo intermedio contra viento a su máximo espaciamiento calculado de acuerdo a los párrafos anteriores, generalmente de mayor estabilidad contra las cargas por viento a la parte de abajo del refuerzo que a la parte superior. El anillo de refuerzo podrá localizarse a una distancia menor que el espaciamiento máximo, pero la parte de cuerpo que queda abajo del refuerzo, deberá comprobarse contra la presión máxima del viento.

El cálculo de la estabilidad de la parte inferior del cuerpo promediando los espesores de los anillos inferiores da como resultado un valor mayor incorrecto. Una mejor solución será

cambiar el ancho "W" de cada anillo del cuerpo por un ancho "Wtr" con un espesor uniforme, de acuerdo con la siguiente relación:

$$Wtr = W \left[ (t \text{ uniforme} / t \text{ real})^{1.5} \right]$$

La suma de los anchos modificados de cada anillo darán la altura modificada del cuerpo. Para igual estabilidad arriba y abajo del anillo de refuerzo, este último deberá colocarse en la parte media de la altura del cuerpo. La localización del refuerzo en el cuerpo modificado, debe trasladarse al cuerpo real por medio de la relación de espesores anteriormente dada, usando el espesor real del anillo del cuerpo en el cual se localizará finalmente el refuerzo y los espesores reales de todos los anillos arriba de éste.

Si la mitad de la altura del cuerpo modificada excede la altura máxima del cuerpo sin reforzar (basada en un espesor uniforme) calculada por medio de las fórmulas anteriores, deberá usarse un segundo refuerzo intermedio para reducir la altura del cuerpo sin reforzar a una altura menor que la máxima.

El módulo de sección mínimo necesario del refuerzo contra viento intermedio, deberá determinarse con la siguiente ecuación:

$$Z = 0.5787 * D^2 * H1 \quad \dots \text{ (Cm}^3\text{)}$$

$$Z = 0.0001 * D^2 * H1 \quad \dots \text{ (Pulg}^3\text{)}$$

Esta ecuación está basada en una velocidad del viento de 160 Kph (100 mph). Se pueden usar otras velocidades del viento multiplicando la ecuación por la relación  $(V/160)^2$  en Kph ó  $(V/100)^2$  en mph.

Quando el uso de cuerpos modificados permita localizar el refuerzo contra el viento intermedio a una altura menor que H1, calculada con la fórmula para H1 anteriormente mostrada, el espaciamento a la mitad de la altura del cuerpo modificado y trasladada para la altura del cuerpo real H1, podrá substituirse en el cálculo del módulo de sección mínimo si el refuerzo se fija en la localización trasladada.

El módulo de sección del refuerzo intermedio contra el viento deberá basarse en las propiedades de los elementos fijados y puede incluir una parte del cuerpo del tanque dentro de una distancia  $0.6(Rt)^{1/2}$  hacia arriba y hacia abajo del punto de fijación.

### III.12.2.- Contraventees para Tanques de Techo Flotante.

Los tanques de techo flotante estarán provistos de anillos atiesadores para mantener su redondez cuando el tanque está sometido a cargas por viento. Estos anillos deberán colocarse en o cerca de la parte superior del cuerpo y obviamente en la cara exterior.

El módulo de sección mínimo del anillo atiesador se determinará por la ecuación:

$$Z = 0,5787 \cdot D^3 \cdot H2 \dots (\text{Cm}^3)$$

$$Z = 0,0001 \cdot D^3 \cdot H2 \dots (\text{Pulg}^3)$$

Dónde:

Z = Módulo de sección,  $\text{cm}^3$  ( $\text{Pulg}^3$ ).

D = Diámetro nominal del tanque, m (pies).

H2 = Altura del cuerpo en m (pies) incluyendo cualquier obra muerta instalada arriba del nivel máximo del líquido para servir de guía a un techo flotante.

El módulo de sección del anillo atiesador dependerá del perfil empleado y podrá incluir parte del cuerpo una distancia hacia abajo 16 veces el espesor de la placa y hacia arriba del anillo atiesador en caso de ser aplicable. Cuando se suelden a tope los ángulos curvos en la parte superior del tanque, de esa distancia deberá restarse el ancho del lado vertical del ángulo.

### III.12.3.- Tipos de Anillos Atiesadores.

Los anillos atiesadores pueden ser de cualquier sección estructural, secciones de placas conformadas, secciones fabricadas con soldadura o combinaciones de perfiles o placas, unidas con soldadura. El perímetro exterior del anillo atiesador podrá ser circular o poligonal.

#### III.12.3.1.- Restricciones de los Anillos Atiesadores.

El tamaño mínimo de los ángulos que se utilicen como atiesadores solos o combinados, será de  $64 \times 64 \times 6 \text{ mm}$  ( $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times 1/4 \text{ pulg}$ ). El espesor nominal mínimo de las placas para ser utilizadas en los anillos atiesadores prefabricados deberá ser de  $6 \text{ mm}$  ( $1/4 \text{ ''}$ ).

Cuando los anillos atiesadores queden más abajo de  $610 \text{ mm}$  ( $24 \text{ ''}$ ) del borde superior del cuerpo, se soldará en el borde un ángulo de  $64 \times 64 \times 5 \text{ mm}$  ( $2 \frac{1}{2} \times 2 \frac{1}{2} \times 3/16 \text{ pulg}$ ) para cuerpos con un espesor de  $5 \text{ mm}$  ( $3/16 \text{ ''}$ ) y de  $76 \times 76 \times 6 \text{ mm}$  ( $3 \times 3 \times 1/4 \text{ pulg}$ ) para cuerpos con espesor de  $6 \text{ mm}$  ( $1/4 \text{ ''}$ ) ó mayores. Si se emplean otros perfiles, sus módulos de sección serán por lo menos iguales al de ángulos anteriores.

Cuando los anillos sean de un diseño tal que permita que el líquido pueda quedar atrapado en ellos, se estipularán suficientes agujeros para drenaje.

### **III.12.3.2 Anillos Atiesadores usados como Pasarelas.**

Los anillos atiesadores o los tramos de ellos utilizados como pasarelas, tendrán un ancho mínimo de 610 mm (24"), libre de la protección del ángulo o refuerzo del cuerpo. De preferencia se localizarán a 1067 mm (3'6") abajo del ángulo o refuerzo del cuerpo, estando provistos de un pasamanos estándar en el lado exterior y en los extremos de la pasarela.

### **III.12.3.3.- Soportes para Anillos Atiesadores.**

Todos los anillos atiesadores deberán llevar un soporte cuando la dimensión de su pierna o alma horizontal de la sección compuesta, exceda de 16 veces su espesor. Estos soportes tendrán entre sí una separación de acuerdo a las cargas vivas y muertas que tenga que soportar el anillo, pero no deberá exceder de 24 veces el ancho del lado exterior que trabaje a compresión.

### **III.12.3.4.- Requisitos de la Soldadura.**

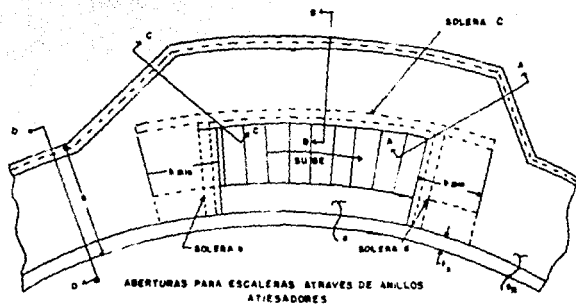
Todas las juntas deberán unirse con soldaduras continua ya que por su situación podrán estar sujetas a corrosión debido a la humedad que se deposita en ellas o causar marcas de herrumbre sobre el cuerpo del tanque. Para unir secciones de anillos se usarán juntas a tope con soldadura de penetración completa.

### **III.12.3.5.- Aberturas para Escaleras en los Anillos Atiesadores.**

Los anillos atiesadores o los tramos de ellos utilizados como pasarelas, tendrán un ancho mínimo de 610 mm (24"), libre de la proyección del ángulo o refuerzo del cuerpo. De preferencia se localizarán a 1067 mm (3'6") abajo del ángulo o refuerzo de la envolvente, estando provistos de un pasamanos estándar, en el lado exterior y en los extremos de la pasarela. Ver Fig. III.12.3.5.

### **III.13.- Muro de Control de Derrames.**

Todos los tanques de almacenamiento de hidrocarburos deberán estar provistos de sistemas de control de derrames, esto es un muro a su alrededor o bien un canal que conduzca el derrame a un sitio alejado y seguro, el cual debe tener una capacidad igual a la del tanque más un porcentaje por seguridad.



- 1.- El área de la sección transversal para S.L.L.10 debe ser 32 l 2/3 El perfil del elemento correspondiente "a" puede ser una solera simple con anillo de apoyo horizontal. Los otros elementos pueden ser soleras a diversas secciones tanto más altas en proporción vertical.
- 2.- Las soleras L.12 o pueden colocarse sobre el elemento atiesador simple y cuando se van sobre de espaldas.
- 3.- El número de piezas en los puntos A,B,C,C',D,D' deben cumplir las reglas del párrafo D.
- 4.- La sección a través del atiesador puede ser cualquier referencial con excepción sobre el mismo.

Fig. III.12.3.5



### III.14.- Diseño del Techo.

#### III.14.1.- Generalidades.

Los techos y sus estructuras de soporte, se diseñarán para soportar su propio peso ( carga muerta), más una carga viva uniforme sobre su área proyectada, no menor de 122 Kg/m<sup>2</sup> (25 lb/pie<sup>2</sup>).

Las placas del techo deberán tener un espesor nominal mínimo de 4.8 mm (3/16") (37.5 Kg/m<sup>2</sup> (7.65 lb/pie<sup>2</sup>), 4.5 mm (0.180") ó lámina calibrada de 4.57 mm (0.1799") ). Cualquier tolerancia para corrosión en las placas de los techos soportados deberán adicionarse al espesor nominal mínimo.

Las placas de los techos cónicos soportados no deberán fijarse a los elementos de soporte.

Todos los elementos estructurales internos y externos deberán tener un espesor nominal mínimo de 4.3 mm (3/16").

En todos los tipos de techos, las placas deberán reforzarse por medio de perfiles soldados a las mismas, pero no deben fijarse a las trabes y/o travesaños.

Quando se especificuen cargas laterales las cuales actúen sobre las columnas que soportan el techo, estas columnas deberán dimensionarse de acuerdo a los siguientes requisitos:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0$$

Los subíndices x,e,y, indican los ejes de flexión sobre el cual se aplica un esfuerzo particular.

F<sub>a</sub>.- Esfuerzo de compresión que podrá permitirse si únicamente existe la fuerza axial.

F<sub>b</sub>.- Esfuerzo de compresión por flexionante que podrá permitirse si únicamente existe el esfuerzo de flexión.

f<sub>a</sub>.- Esfuerzo axial calculado.

f<sub>b</sub>.- Esfuerzo de compresión por flexionante calculado en el punto bajo consideración.

### III.14.2.- Esfuerzos permisibles.

Todas las partes de la estructura se calcularán de manera que los esfuerzos estáticos máximos no excedan los siguientes valores:

#### III.14.2.1.- A Tensión.

Acero laminado en su sección neta: 1400 Kg/cm<sup>2</sup> (20000 lb/pg<sup>2</sup>).

Soldaduras de ranura con penetración completa sobre el área de la plancha más delgada: 1265 Kg/cm<sup>2</sup> (18000 lb/pg<sup>2</sup>).

#### III.14.2.2.- A Compresión.

Acero laminado cuando se impida el pandeo: 1400 Kg/cm<sup>2</sup> (20000 lb/pg<sup>2</sup>).

Soldadura de ranura con penetración completa sobre el área de la plancha más delgada: 1400 Kg/cm<sup>2</sup> (20000 lb/pg<sup>2</sup>).

Columnas, sobre el área de su sección transversal:

Para  $L/r \leq 120$

$$\left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \left[ \frac{2320 Y}{FS} \right] = \text{Kg/cm}^2$$

$$\left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \left[ \frac{33000 Y}{FS} \right] = \text{Lb/pg}^2$$

Para  $120 < L/r \leq 131.7$

$$\frac{\left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \left[ \frac{2320 Y}{FS} \right]}{1.6 - \frac{L}{200 r}} = \text{Kg/cm}^2$$

$$\frac{\left[ 1 - \frac{(L/r)^2}{34700} \right] \left[ \frac{33000 Y}{FS} \right]}{1.6 - \frac{L}{200 r}} = \text{Lb/pg}^2$$

Para  $L/r > 131.7$

$$\frac{(10.5 \cdot 10^5 \cdot Y)}{\left[ (L/r)^2 \right] \left[ 1.6 - \frac{L}{200 r} \right]} = \text{Kg/cm}^2$$

$$\frac{(149 \cdot 10^6 \cdot Y)}{\left[ (L/r)^2 \right] \left[ 1.6 - \frac{L}{200 r} \right]} = \text{Lb/pg}^2$$

En donde:

L = Longitud de la columna, sin contraventeos, cm(pulg).  
 r = Radio de giro mínimo de la columna, cm(pulg).  
 FS = Factor de Seguridad.

$$FS = 5/3 + \left\{ \frac{(L/r)}{350} \right\} - \left\{ \frac{(L/r)^3}{(183 \cdot 10^5)} \right\}$$

Y = 1.0 ( Para perfiles o tubos cuya relación  $t/R \geq 0.015$ ).

$$Y = \left[ \frac{200}{3} (t/R) \right] \left[ 2 - \frac{200}{3} (t/R) \right]$$

para tubos con relación  $t/R < 0.015$ .

t = Espesor de pared del tubo, cm(pg); 6.35 mm (1/4") mínimo para elementos principales a compresión y 4.76 mm (3/16") mínimo para elementos secundarios y de contraventeo.  
 R = Radio exterior del tubo, cm(pulg).

En los elementos principales a compresión, la relación  $L/r$  no debe exceder de 180.

En los elementos secundarios y de contraventeo la relación  $L/r$  no deberá exceder de 200.

### III.14.2.3.- Flexión.

La tensión y compresión en las fibras exteriores de perfiles laminados y de secciones compuestas con un eje de simetría en el plano de carga será de 1545 Kg/cm<sup>2</sup> (22000 Lb/pg<sup>2</sup>), cuando la longitud del patín a compresión sin soporte lateral es de 13 veces su ancho como máximo, la relación ancho del patín-espesor es de 16 como máximo y la relación altura del alma-espesor es de 70 como máximo.

La tensión y compresión en las fibras extremas de los elementos asimétricos será de 1400 Kg/cm<sup>2</sup> (20000 Lb/pg<sup>2</sup>), cuando el elemento se soporte lateralmente a intervalos no mayores de 13 veces el ancho del patín a compresión.

La tensión en las fibras extremas de otros perfiles laminados, secciones compuestas y traves de plancha será de 1400 Kg/cm<sup>2</sup> (20000 Lb/pg<sup>2</sup>).

La compresión en las fibras extremas de otros perfiles laminados, secciones compuestas y traves de plancha, con un eje de simetría en el plano de carga, será el mayor de los valores calculados con las siguientes fórmulas:

$$1400 = 0.04 \left( \frac{I}{r} \right)^2 = \text{Kg/cm}^2$$

$$20000 = 0.571 \left( \frac{I}{r} \right)^2 = \text{Lb/pg}^2$$

o bien:

$$\frac{845 \cdot 10^3}{I_d/A_f} \leq 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{12 \cdot 10^6}{I_d/A_f} \leq 20000 \text{ Lb/pg}^2$$

Donde:

- I = Longitud del patín a compresión, sin contraventear, cm (pg).
- r = Radio de giro de la sección, con respecto a un eje sobre el plano de carga, cm (pg).
- d = Altura de la sección, cm (pg).
- A<sub>f</sub> = Área del patín a compresión, cm<sup>2</sup> (pg<sup>2</sup>).

A compresión en las fibras exteriores de otras secciones asimétricas:

$$\frac{845000}{Id/af} \leq 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{12000}{Id/af} \leq 20000 \text{ Lb/pg}^2$$

### III.14.2.4.- Cortante.

Para soldaduras de filete, de tapón, de ranura y para soldaduras con penetración parcial en el área de la garganta: 950 Kg/cm<sup>2</sup> (13600 Lb/pg<sup>2</sup>).

El área bruta de las almas de vigas y trabes principales cuando  $h$  ( distancia entre los patines de la viga) no es mayor de  $60t$  ( $t$  = espesor del alma) o cuando el alma está debidamente atiesada: 915 Kg/cm<sup>2</sup> (13000 Lb/pg<sup>2</sup>).

### III.15.- Diseño del Techo Cónico

Todas las juntas de las placas del techo deberán soldarse por la parte superior con soldadura continua de filete completo, el tamaño de la soldadura en la unión techo-ángulo superior será de 4.8 mm (3/16").

La pendiente en los techos cónicos, soportados por una estructura, será de 1.16 o mayor.

Si los travesaños se apoyan directamente sobre los patines de la trabe principal, originando una pequeña variación en la pendiente del travesaño, la pendiente en el patín de éste último, deberá ajustarse a lo especificado como pendiente del techo.

Los elementos principales de soporte incluyendo aquellos que soportan los travesaños, pueden ser perfiles laminados, prefabricados o armaduras. Aunque estos elementos estén en contacto con las placas del techo, no deberá considerarse que el patín del perfil a compresión o la parte superior de la armadura, recibe algún soporte lateral de las placas, por lo que si es necesario, se atiesarán lateralmente por algún medio aceptable. Los esfuerzos permisibles son a la tensión, compresión y flexión.

Los elementos estructurales que sirven como travesaños pueden ser perfiles laminados o prefabricados. Los travesaños que estén en contacto directo con las placas del techo las que le transmiten su carga, pueden considerarse que reciben un soporte lateral debido a la fricción entre las placas del techo y los patines o compresión de los travesaños, con las siguientes excepciones:

- 1.- Armaduras o vigas de alma abierta usadas como travesaños.
- 2.- Travesaños con altura nominal mayor de 381 mm (15 pg).
- 3.- Travesaños con una pendiente mayor de 1:6.

Los travesaños deberán estar espaciados de tal forma que la distancia entre sus ejes sea de 1.91 m ( 6.28 pies) sobre el anillo exterior, medido sobre la circunferencia del tanque. Su espaciamiento sobre los anillos interiores será de 1.67 m ( 5.5 pies como máximo). Para zonas sísmicas se deberá colocar en los anillos interiores tirantes de varilla de 19 mm (3/4") de diámetro entre los travesaños. Estas varillas pueden omitirse si se usan travesaños de perfil " I o H ".

Las columnas del techo podrán ser de perfil estructural laminado o de tubo de acero.

En el caso de que se utilice tubo como columna, esta deberá sellarse herméticamente tanto en la base como en la parte superior, colocando en su parte inferior un copie de 25.4 mm (1") como máximo con tapón macho.

Las grapas o estribos para la última hilera de travesaños se soldarán a la envolvente del tanque. Las grapas guía de la base de la columna se soldarán al fondo del tanque para evitar movimientos laterales de la base de la columna y de ninguna manera la base de la columna deberá soldarse a las placas del fondo o a las guías. El resto de las conexiones podrán ser atornilladas o soldadas.

### **III.15.1.- Diseño del venteo del techo.**

#### **III.15.1.1.- Determinación de los requisitos de venteo.**

La necesidad de venteo se deberá establecer para cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1.- Succión de aire debida al vaciado del contenido del tanque a gasto máximo.
- 2.- Succión de aire debida a la contracción y condensación de los vapores provocada por un ascenso de la temperatura.
- 3.- Expulsión de gases debida al llenado del tanque a gasto máximo y a la evaporación máxima causada por dicho flujo.
- 4.- Expulsión de gases debida a la expansión y evaporación causada por la elevación máxima de la temperatura (expulsión térmica).
- 5.- Expulsión de gases debida a exposición de fuego.

#### **III.15.1.2.- Requisitos de capacidad normal de venteo.**

La capacidad normal de venteo deberá calcularse sin que se exceda la presión o vacío de operación que pueda aplicarse regularmente a un tanque, sin causarle daños físicos o deformación permanente. La capacidad total de venteo en condiciones normales debe ser como mínimo la suma de los requerimientos de venteo para el líquido en movimiento más los efectos térmicos ambientales.

### III.15.1.2.A.- Succión ( Rompimiento de vacío).

La capacidad necesaria de succión (Rompimiento de vacío) para un tanque que contenga hidrocarburos líquidos, deberá ser equivalente a 15,8 m<sup>3</sup> (560 pies<sup>3</sup>) de aire atmosférico por cada 15,9 m<sup>3</sup>/hr ( 100 Bis/hr ó 4200 Gal/hr) de descarga máxima, incluida la descarga por gravedad a otros tanques.

En la Tabla III.15.1.2 se muestra la capacidad necesaria de succión (Rompimiento de vacío) ( como mínimo el valor que aparece en la tabla) por efecto de temperatura para un tanque con capacidad conocida que contenga hidrocarburos líquidos.

### III.15.1.2.B.- Expulsión ( Relievo de presión).

La capacidad necesaria de venteo (expulsión), resultante de la evaporación de un hidrocarburo líquido cuyo punto de inflamación sea de 38°C (100°F) o mayor, deberá ser equivalente a 16,93 m<sup>3</sup>/hr (600 pies<sup>3</sup>/hr) de aire atmosférico por cada 15,9 m<sup>3</sup>/hr ( 100 Bis/hr ó 4200 Gal/hr) de gasto máximo, para el llenado del tanque.

La capacidad necesaria de venteo (expulsión) resultante de la evaporación de un hidrocarburo líquido cuyo punto de inflamación está abajo de 38°C (100°F), deberá ser equivalente a 33,98 m<sup>3</sup>/hr (100 pies<sup>3</sup>/hr) de aire atmosférico por cada 15,9 m<sup>3</sup>/hr (100 Bis/hr ó 4200 Gal/hr) de gasto máximo para el llenado del tanque.

La capacidad necesaria de venteo (expulsión) por efecto de temperatura incluida la evaporación, para un tanque con capacidad conocida que contenga hidrocarburo líquido con un punto de inflamación de 38°C (100°F) o mayor, deberá ser como mínimo la mostrada en la columna correspondiente a "Expulsión" (Presión interior) de la Tabla III.15.1.2.

La capacidad necesaria de venteo (expulsión) por efecto de la temperatura incluida la evaporación, para un tanque con capacidad conocida que contenga hidrocarburo líquido con un punto de inflamación abajo de 38°C (100°F) deberá ser como mínimo la mostrada en la columna correspondiente a "Expulsión" (Presión interior) de la Tabla III.15.1.2.

### III.15.1.3.- Medios de Venteo.

El venteo normal deberá efectuarse por medio de una válvula de relievo de presión, una válvula de presión-vacío (PV) o una boquilla para venteo con o sin un dispositivo arrestador de flama

**TABLA III. 18.1.2**  
**CAPACIDAD NECESARIA DE VENTILADOR POR EFECTO TERMICO**  
**EN CONDICIONES NORMALES, EXPRESADA EN m<sup>3</sup>/hr. (pies<sup>3</sup>/hr. 195 AINE**  
**A LAS CONDICIONES ESTANDAR [(1088 kg/m<sup>3</sup>)(14.7 psia)(293°K) y 15.5°C (60°F)]**

CAPACIDAD NOMINAL DEL TANQUE			SUCCION		ESPAL. DASH (grados interior)			
m <sup>3</sup>	BARRILES	GALONES	Requiere de Ventilador		Para producir un punto de rocío de 35°C (100°F) o mayor		Para producir un punto de rocío de 30°C (86°F)	
			m <sup>3</sup> /hr.	pies <sup>3</sup> /hr.	m <sup>3</sup> /hr.	pies <sup>3</sup> /hr.	m <sup>3</sup> /hr.	pies <sup>3</sup> /hr.
9.8	60	2600	170	60	113	60	170	60
15.8	100	4200	283	100	170	60	283	100
79.5	600	21000	1415	600	890	300	1415	600
158.0	1000	42000	2832	1000	1496	600	2832	1000
317.9	2000	84000	5664	2000	2992	1200	5664	2000
476.8	3000	126000	8496	3000	4488	1800	8496	3000
635.8	4000	168000	11328	4000	5984	2400	11328	4000
794.8	6000	210000	14160	6000	7984	3600	14160	6000
1589.0	10000	420000	28320	10000	15968	6000	28320	10000
2383.6	18000	630000	42480	18000	23952	9000	42480	18000
3178.4	20000	640000	46640	20000	25952	10000	46640	20000
3973.3	28000	1080000	67968	24000	42480	16000	67968	24000
4768.1	30000		79824	28000	48144	17000	79824	28000
6964.0	36000		87792	31000	63600	19000	87792	31000
8368.8	40000		96656	34000	69472	21000	96656	34000
7183.7	46000		104784	37000	66128	23000	104784	37000
7948.8	50000		112800	40000	67968	24000	112800	40000
8638.2	60000		124608	48000	79488	27000	124608	48000
11127.8	70000		138636	48000	83128	29000	138636	48000
12717.6	80000		147264	52000	87792	31000	147264	52000
14307.3	90000		156892	56000	92456	34000	156892	56000
15897.0	100000		166520	60000	101842	36000	166520	60000
19078.4	120000		195576	68000	116112	41000	195576	68000
22268.8	140000		214400	78000	127400	45000	214400	78000
26438.2	160000		232224	82000	141800	50000	232224	82000
28618.8	180000		254480	90000	152288	54000	254480	90000



(dependiendo del líquido almacenado) de acuerdo con los siguientes requisitos:

- 1.- No es recomendable utilizar válvulas de contra peso y palanca.
- 2.- En válvulas operadas por piloto, la válvula principal debe diseñarse de manera que abra y proteja automáticamente el tanque en caso de falla de la válvula piloto.
- 3.- La válvula de relevo de presión es aplicable a tanques que vayan a operar arriba de la presión atmosférica. En los casos donde pueda crearse vacío dentro del tanque, deberá darse protección contra el vacío.
- 4.- La válvula de presión-vacío (PV) son recomendables para usarse sobre tanques atmosféricos para almacenar hidrocarburos cuyo punto de inflamación esté abajo de 38°C (100°F) y también en tanques que contengan petróleo calentado a una temperatura mayor que la de su punto de inflamación.

En este caso también pueden utilizarse venteos abiertos con dispositivo arrestador de flama en lugar de las válvulas de presión-vacío (PV).

### **III.16.- Diseño del Techo Flotante**

El cuerpo del tanque se diseñará y construirá de tal manera que permita el derrame del líquido a un nivel predeterminado y que cuando dicho líquido regrese a su nivel máximo normal, el techo flote sin haber dañado al cuerpo, el techo mismo o sus accesorios. Durante el derrame del líquido, no se deberá requerir ninguna operación manual para proteger el techo, el tanque y los accesorios. Si el cuerpo del tanque se construye con una prolongación contra el viento o con el fin de contener los sellos del techo en el punto más alto de su recorrido, las aberturas para derrame deberán estar previstas para indicar la elevación del nivel del líquido arriba de la capacidad diseñada, a menos que el tanque se haya diseñado para contener líquido hasta la parte superior de la prolongación del cuerpo.

Las juntas serán diseñadas con los mismos requisitos que las juntas del cuerpo.

#### **III.16.1.- Placas del techo.**

Quando el tanque está en servicio con un producto corrosivo tal como el petróleo crudo amargo, es recomendable que los techos sean del tipo contacto, diseñados de tal manera de no permitir la existencia de mezcla aire-vapor abajo del techo flotante.

Todas las placas del techo flotante deberán tener un espesor nominal mínimo de 4.8 mm (3/16"), placa de 37.5 Kg/m<sup>2</sup> (7.65 Lb/ps<sup>2</sup>), ó 4.6 mm (0.180"), ó lámina calibrada de 4.57 mm (0.1799").

Las Placas del techo flotante deberán unirse con soldadura continua de filate completo sobre la parte superior. Sobre la parte del fondo del techo donde se puede anticipar flexión,

adyacente a las trabes, patas de soporte u otros elementos relativamente rígidos, se deberán emplear cordones de soldadura de filete completo con longitud mínima de 51 mm (2") a cada 254 mm (10") de distancia entre centros, en todas las placas traslapadas dentro de un radio de 305 mm (12") de cada soporte o elemento rígido.

La pendiente en la cubierta superior de los techos de doble cubierta y de secciones de pontones que se diseñen con pendiente permanente para drenajes, serán como mínimo de 1.6% (3/16" en 12") y las placas se traslaparán de manera de tener un mejor flujo para drenaje, procurando que el pandeo en las placas sea el mínimo.

### III.16.2.- Volumen del pontón.

El volumen mínimo del pontón de un techo flotante con cubierta sencilla, deberá ser el suficiente para mantener flotando el techo sobre un líquido cuya densidad relativa sea de 0.7 cuando dos de sus compartimientos y la cubierta estén perforados. El volumen mínimo del pontón de un techo flotante de doble cubierta, deberá ser el suficiente para mantener flotando el techo sobre un líquido cuya densidad relativa sea de 0.7 cuando dos de sus compartimientos estén perforados. No se deberá considerar ninguna carga viva en los requisitos de diseños anteriores para cualquier tipo de techo, aun cuando se considere que el drenaje principal del techo no funcione; además, deberá considerarse que en cualquier tipo de techo con su drenaje principal sin funcionar, el techo deberá contener 254 mm (10") de agua de lluvia en un periodo de 24 horas sobre el área total del techo sin hundirse (sin ningún compartimiento o cubierta perforada). El techo puede diseñarse para soportar la lluvia total de 24 horas o diseñarse drenajes de emergencia que limiten la carga sobre el techo a un volumen inferior que pueda soportar el techo dentro de los límites de seguridad. Dichos drenajes de emergencia no deberán permitir que el producto fluya hacia el interior del techo.

#### III.16.2.1.- Abertura de los pontones.

Cada compartimiento deberá suministrarse con un registro de hombre con tapa a prueba de carga (hermético). Las tapas de los registros deberán suministrarse con aditamentos de fijación u otros medios que prevenga que se levanten con el viento.

La parte superior del cuello de los registros estará a una altura tal que evite la entrada de agua a los compartimientos bajo las condiciones establecidas anteriormente.

### III.16.3.- Mamparas.

Todas las placas o láminas de las mamparas deberán soldarse con soldadura de filete sencillo a lo largo de su perímetro para obtener hermeticidad contra el agua.

### **III.16.4.- Escaleras.**

El techo flotante deberá tener una escalera que se ajuste automáticamente a cualquier posición del techo de manera que siempre se tenga acceso al mismo. La escalera deberá diseñarse para la trayectoria completa del techo sin importar el ajuste normal de las patas de soporte de ésta. Si se tiene una escalera deslizante, esta deberá tener un pasamanos a ambos lados y a todo lo largo de la misma, diseñándose para una carga de 455 Kg ( 1000 Lb) colocada en el centro de la escalera y para cualquier posición de la misma.

### **III.16.5.- Drenaje del techo.**

El drenaje principal podrá ser por medio de manguera, tubería articulada o del tipo sifón. Se deberá suministrar una válvula de retención ( check) en el extremo de la manguera cerca del techo, para prevenir un contraflujo del líquido almacenado en caso de fugas. Se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar que la manguera se enrolle o perfore debajo de las patas de la cubierta. Las juntas articuladas de la tubería de drenaje deberán empacarse para evitar fugas. La instalación de cualquier tipo de drenaje implicará la instalación de los accesorios necesarios en la envolvente (cuerpo) del tanque para su operación y si es necesario para su reemplazo. El tamaño mínimo de la tubería o manguera para el drenaje principal, deberá ser equivalente en capacidad a un drenaje de 76 mm (3") para techos hasta de 36.576 m (120 pies) de diámetro y a uno de 102 mm (4") para techos mayores de 36.576 m (120 pies) de diámetro.

### **III.16.6.- Venteos.**

Se deberán suministrar los venteos necesarios para evitar el sobreesfuerzo de las cubiertas o de las membranas de sello del techo. Deberá especificarse los regímenes de extracción para que puedan dimensionarse los venteos por vacío. Estos venteos, válvulas de extracción u otros medios apropiados, deberán ser del tamaño necesario para evacuar el aire y gases de la parte inferior del techo durante el llenado inicial.

### **III.16.7.- Patas de Soporte.**

El techo flotante deberá suministrarse con patas de soporte. Las patas de soporte fabricadas con tubo deberán perforarse o ranurarse en el fondo para permitir su drenado. La longitud de las patas deberá ser ajustable desde la parte superior del techo. Se tendrá que especificar los niveles de operación y limpieza para

ajuste de las patas de soporte.

Todos los dispositivos del tanque, tales como agitadores, tubería y boquillas de llenado, deberán de trabajar libremente cuando el techo esté en su posición más baja.

Las patas y sus uniones deberán diseñarse para soportar el techo, además de una carga viva uniforme de por lo menos 125 kg/cm<sup>2</sup> (1778 Lb/pg<sup>2</sup>). Cuando sea posible, la carga del techo deberá transmitirse a las patas por medio de sus elementos estructurales. Deberá darse especial atención a la unión de las patas en techos de cubierta sencilla con el objeto de prevenir fallas en los puntos de fijación. Se deberá usar parches de acero u otro medio para distribuir la carga de las patas sobre el fondo del tanque. Cuando se usen estos parches, deberán fijarse al fondo por medio de un cordón continuo y hermético de soldadura.

### III.16.8.- Registros de Hombre en el Techo.

Se deberá tener por lo menos un registro de hombre en el techo para proporcionar acceso al interior del tanque así como ventilación cuando el tanque esté vacío. El diseñador deberá especificar el número de registros en el techo. El tamaño mínimo de los registros será de 610 mm (24") con tapas herméticas y atornilladas.

### III.16.9.- Dispositivos para Centrar y Evitar la Rotación del Techo.

Deberán suministrarse los dispositivos necesarios para mantener el techo en una posición centrada y prevenir la rotación. Estos dispositivos deberán ser capaces de soportar las cargas laterales ocasionadas por la escalera del techo, cargas de nieve y cargas por el viento.

### III.16.10.- Sellos.

El espacio entre la periferia exterior del tanque y la envolvente (techo) del tanque debe sellarse por medio de algún dispositivo flexible que suministre un cierre apropiado ajustado a la superficie de la envolvente (techo). Si el dispositivo de sello utiliza zapatas de acero en contacto con la envolvente, dichas zapatas deberán fabricarse con una lámina de acero galvanizado que cumpla las especificaciones del ASTM (American Society for Testing and Materials). Si se especifican zapatas sin recubrimiento éstas deberán ser del espesor, material y calidad especificadas por el constructor. Se debe suministrar la cantidad mínima necesaria de juntas de expansión. Todas las partes no metálicas usadas como sello o parte del sello, deberán ser durables en el ambiente en que se usen, además no deberán decolorar o contaminar el producto almacenado.

La instalación de puentes eléctricos entre el techo y las zapatas metálicas deberá de hacerse de acuerdo con las normas API (American Petroleum Institute) a este respecto.

### **III.16.11.- Dispositivos de Medición.**

Todos los techos deberán tener una boquilla con tapa hermética que permita la medición del líquido almacenado.

## CAPITULO IV

### CIMENTACION DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Dada la diversidad de tanques de almacenamiento con que cuenta la Industria Petrolera y los diferentes tipos de suelos en donde se encuentran ubicadas sus instalaciones; las correspondientes cimentaciones que resuelven el soporte de los primeros sobre los segundos, tienen que ser por ende distintas.

Debido a las condiciones del subsuelo las cimentaciones de tanques se dividen en dos grandes grupos que son:

- 1.- Cimentaciones Superficiales.
- 2.- Cimentaciones Profundas.

Cuando la capa resistente se encuentra a poca profundidad o inclusive aflora (zona de corte, alta resistencia del terreno) es cuando se aplican cimentaciones superficiales, las que generalmente consisten de un buen relleno compactado, circundado por un anillo de concreto reforzado que tiene dos funciones básicas, en primera instancia recibe la concentración de carga originada no sólo por el peso de la envolvente sino por la carga alicuota del techo cónico fijo y en segunda instancia confina el relleno compactado que recibe el resto de carga, razón esta última por la cual el refuerzo longitudinal de estos anillos de cimentación trabaja principalmente a tensión.

Cuando la capa resistente del terreno no sólo no aflora sino que subyace a un estrato consolidable (zona de relleno, baja resistencia del terreno superficial) y a su vez se requiere una cimentación rígida, entonces es cuando se aplican las cimentaciones profundas, las cuales generalmente consisten en losas rígidas de concreto armadas apoyadas sobre pilotes; mismos que si llegan a penetrar el estrato resistente se consideran trabajando de punta por lo que se llaman pilotes de punta y si no alcanzan dicho estrato se consideran básicamente trabajando por fricción lateral, por lo que se les llama pilotes de fricción.

Hasta aquí ha sido la división en función de las condiciones del subsuelo; otra subdivisión la da el tipo de tanques.

Por lo tanto podemos subdividir las cimentaciones en:

- 3.- Cimentaciones Rígidas.
- 4.- Cimentaciones Flexibles.

En éstas últimas quedarían incluidas los anillos de cimentación que aún cuando resultan contrarrestados de peralte considerable, dada su extrema longitud (desarrollo del perímetro del tanque) origina una rigidez reducida ya que esta es

directamente proporcional al material y al momento de inercia de su sección transversal pero a su vez es inversamente proporcional al cuadrado de su longitud. Además de pequeña rigidez de la trabe, la heterogeneidad de este tipo de cimentaciones da lugar a grandes asentamientos diferenciales que sólo el tanque de techo cónico fijo puede absorber sin salir de operación.

Las cimentaciones profundas realizadas mediante una losa de concreto armado apoyada sobre pilotes uniformemente distribuidos, además de resultar homogénea en su sustentación resulta lo suficientemente rígida para garantizar que los asentamientos diferenciales que se lleguen a presentar; resulten menores a los que las especificaciones de tanques de techo flotante, admiten. Para el buen funcionamiento del techo.

#### **IV.1.- Diseño de la Cimentación**

Debido a la gran variedad y condiciones de humedad de los suelos, no es posible establecer requisitos de diseño que cubran todos los casos. La elección del sitio de la cimentación, cuando este sitio no es obligado, la carga permisible del terreno y la predicción de los asentamientos a corto y largo plazo, deberán determinarse por exploraciones del terreno, análisis de muestras obtenidas y con la experiencia de otros trabajos efectuados en la zona. Los datos así obtenidos serán la base para proyectar la estructura de cimentación.

##### **IV.1.1.- Estructura de la Cimentación.**

La estructura del suelo de cimentación se determinará por medio de sondeos y en zonas de gran superficie por Pruebas geofísicas además de los sondeos. La capacidad de carga del suelo se determinará por medio de pruebas de penetración, sondeos inalterados para análisis de muestras de laboratorio y pruebas de carga. La carga sobre la cimentación, se considerará como la suma del peso del tanque del líquido almacenado al estar lleno el tanque y la presión hidrodinámica debida al sismo. Los asentamientos totales deberán ser de tal magnitud que no deformen las tuberías de conexión, no produzcan lecturas inexactas, ni lleguen a un punto en donde el nivel del fondo del tanque esté debajo de la superficie del terreno circundante.

Existen algunas condiciones del terreno que requieren especial atención, como son las siguientes:

1.- Terrenos en laderas, en donde parte de la cimentación pueda quedar sobre un suelo alterado o parte sobre roca y parte sobre terraplén u otra construcción o en donde la profundidad requerida de terraplén sea variable.

2.- Terrenos pantanosos o rellenados con capas de cascajo, fango o vegetación compresibles, que están en o bajo la superficie, o en terrenos donde se han depositado como relleno. Materiales inestables o corrosivos.

3.- Terrenos en donde existen capas compresibles de arcilla que temporalmente pudieran soportar cargas pesadas pero que después de un periodo de tiempo se asentarán excesivamente.

4.- Lugares alledaños a caudales de agua o excavaciones profundas, en donde la estabilidad lateral del terreno es dudosa.

5.- Terrenos alledaños a estructuras pesadas en donde podrán sumarse los efectos de estas cargas con las del tanque.

6.- Terrenos expuestos a inundaciones, en donde podrán presentarse levantamientos, desplazamientos o socavaciones.

Si las condiciones del suelo no aseguran la estabilidad del tanque o no garantizan limitar los asentamientos, una cimentación superficial o poco profunda no mejorará las condiciones a la resistencia del suelo. Cualquiera de los siguientes métodos podrá utilizarse para mejorar la resistencia del terreno:

a.- Remoción del material inestable reemplazándolo con otro, y compactándolo posteriormente.

b.- Compactación del material con pilotes cortos o precargándolo con un terraplén.

c.- Drenando el agua contenida en el material para reducir el tiempo de consolidación.

d.- Estabilización del material suelto por métodos químicos o inyección de lechada de cemento.

e.- Soportando la carga sobre un estrato resistente en el subsuelo, hincando pilotes de carga o construyendo pilas de cimentación. Este método involucra la construcción de una losa reforzada sobre los pilotes para distribuir la carga del fondo del tanque.

f.- Construcción de una cimentación de cualquier tipo que distribuya la carga sobre un área suficientemente grande de manera que la carga unitaria sobre el suelo esté dentro de los límites permisibles y no ocurran asentamientos excesivos.

El material de relleno usado para reemplazar el fango, escombros y otro material inestable o para construir las terracerías a la altura necesaria, debe tener características semejantes al usado en terracerías para carreteras; deberá también estar libre de vegetación, materia orgánica, escoria y otras substancias que causen asentamientos o corrosión en el fondo del tanque. Este relleno deberá compactarse perfectamente.



#### **IV.1.2.- Base de los Tanques.**

La base sobre la que descansará el fondo del tanque se construirá como mínimo de 30.0 cm (12") arriba de la superficie del terreno circundante, proporcionándole un drenaje que ayudará a mantener el fondo del tanque seco y compensará cualquier pequeño asentamiento que pueda ocurrir.

La última capa de 10 cm (4") como mínimo de la parte superior de la base, será de arena limpia, grava, piedra triturada (no mayor de 25.4 mm (1")) o algún material similar inerte que pueda conformarse fácilmente al fondo del tanque. Las irregularidades de la superficie de las terracerías causadas por el movimiento del equipo o del material deberán corregirse antes de colocar las placas del fondo del tanque.

Las terracerías ya terminadas deberán estabilizarse impregnando su superficie con aceite, o de alguna otra manera que mantenga un mejor contorno durante la construcción y proteja el fondo del tanque contra la humedad del piso; sin embargo, se deberán tomar algunas otras precauciones para que la cantidad y clase del material no provoque dificultades o riegos de corrosión galvánica en la soldadura.

Es recomendable que la rasante terminada tenga una pendiente hacia la periferia como mínimo de 1:120.

Esta pendiente podrá ser compensada parcialmente por lo ligeros asentamientos que probablemente serán mayores en el centro. La pendiente facilitará tanto la limpieza como la remoción de agua y sedimentos por las aberturas de la envolvente o por los sumideros situados cerca de la envolvente. En virtud de que una mayor o menor pendiente afectará las longitudes de las columnas que soportan el techo, es esencial que se proporcione al fabricante del tanque toda la información relativa.

Si al fondo del tanque se construye sobre una losa plana de concreto, es recomendable que se coloque sobre ésta, una capa de terracerías que actuará como colchón y proporcionará el contorno necesario para darle pendiente a las placas del fondo.

#### **IV.1.3.- Cimentaciones de Terracerías.**

Cuando la evaluación de las condiciones del subsuelo indique que no es necesario construir una subestructura para soportar el tanque, podrá construirse una cimentación de terracerías.

Los requisitos que deben satisfacer una cimentación de terracerías son las siguientes:

- 1.- Proporcionar un plano estable para soportar el tanque.
- 2.- Limitar los asentamientos de la base del tanque a valores compatibles con las tolerancias estipuladas en el diseño para conexiones de tuberías.

### 3.- Suministrar el drenaje necesario.

Las normas que rigen las cimentaciones de tanques recomiendan tres tipos de cimentación:

- 1.- Cimentación formada con terraplén.
- 2.- Cimentación de terracerías confinadas por un muro anular de concreto reforzado.
- 3.- Cimentación de terracerías con zapata anular de piedra triturada.

#### **IV.1.4.- Cimentación Forzada con Terraplén.**

Este tipo de cimentación se empleará para tanques pequeños y en suelos que tengan una alta capacidad de carga en los estratos superiores en relación a las cargas que transmite al tanque. La solución consiste en despallar el terreno, retirar el material inadecuado, reemplazándolo con un material controlado y compactarlo, formando posteriormente sobre él, un terraplén de grava triturada y arena graduada con algún material pétreo que se adecúe a la subbase del tanque ( grava cementante y un riego de impregnación FM-1).

#### **IV.1.5.- Cimentaciones de terracerías confinadas con muro anular de concreto reforzado.**

Los tanques grandes y los de envolventes (cuerpos) altas imponen fuertes cargas sobre la cimentación bajo la envolvente (cuerpo), siendo particularmente importante en tanques de techo flotante ya que debido a los asentamientos, se puede deformar la envolvente. En suelos de baja capacidad de soporte y alto grado de deformación bajo carga, para evitar asentamientos diferenciales no continuos, el perímetro del tanque con la consiguiente deformación del cuerpo es recomendable apoyar el perímetro del tanque en un muro anular de concreto, que al mismo tiempo confina las terracerías compactadas y controladas que rellenan el interior del anillo. ( Fig.IV.1).

Este tipo de cimentación tiene las siguientes ventajas sobre la de terracerías sin anillo:

- 1.- Distribuye de modo uniforme la carga concentrada de la envolvente sobre el piso bajo del tanque.
- 2.- Proporciona una base sólida de arranque para la construcción del cuerpo y para la aplicación de aislamiento, cuando se requiera.

3.- Proporciona un mejor medio para la nivelación de terracerías del tanque y conserva su contorno durante la construcción.

4.- Retiene las terracerías bajo el fondo del tanque, evitando pérdidas de material por erosión.

5.- Actúa como aislante contra la humedad y conserva la capacidad de carga del terraplén.

Es deseable que los anillos de concreto de la cimentación transmitan al suelo aproximadamente la misma carga unitaria que se tendrá bajo las terracerías confinadas a la misma profundidad.

El ancho mínimo de la sección transversal del anillo será de 30.0 cm (12") y su diámetro centro a centro igual al diámetro nominal del tanque. La profundidad del anillo dependerá de las condiciones locales, más no es necesario construirlo a una mayor profundidad que la del terreno alterado, ya que esto representa una adición muy pequeña al área total de soporte y no agrega resistencia al suelo. La parte superior del anillo deberá ser lisa y a nivel, con una tolerancia de  $\pm 3$  mm por cada 10.00 m de perímetro del anillo. Ningún punto de la circunferencia del anillo debe variar más de  $\pm 5$  mm de elevación preestablecida en el proyecto. Deberán construirse en los anillos de cimentación, cavidades para los registros de limpieza al nivel del fondo, para sumideros de drenaje y para otros accesorios que se requieran.

El concreto del anillo anular tendrá una resistencia de 200 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. El acero de refuerzo tendrá una resistencia  $f_y=4200$  Kg/cm<sup>2</sup>.

El área mínima de acero de refuerzo del anillo será de 0.002 veces el área de la sección transversal de la parte de anillo que queda arriba de las terracerías, más el refuerzo adicional necesario para soportar el empuje lateral del terraplén con la sobrecarga del peso del tanque lleno.

El acero de refuerzo será de varilla corrugada, colocada continuamente (traslapada) en toda la longitud del anillo.

#### **IV.1.6.- Cimentación de terracerías confinadas con zapata anular de grava, arena o piedra triturada.**

Cuando se usan cimentaciones de terracerías confinadas con zapata anular, es necesario hacer una selección cuidadosa de los detalles de diseño.

Este tipo de cimentación se muestra en la Figura IV.1 y los detalles principales de esta cimentación son los siguientes:

1.- El acotamiento o baqueta de 90 cm de ancho mínimo, construida con grava, arena y piedra triturada que deberá protegerse, impermeabilizándola y pavimentándola.

2.- El cuerpo del tanque se apoyará directamente sobre la zapata o sobre una placa de acero de 30 cm de ancho y 1.25 cm de espesor, apoyada en la zapata.

3.- El terraplén de material controlado y compactado, confinado por la zapata anular.

4.- El drenaje de las terracerías a través de la zapata anular.

**Nota importante.**- Antes de colocar las placas del tanque, se deberá reparar las irregularidades de la superficie de las terracerías, eliminando baches.



## CAPITULO V

### MONTAJE DE TANQUES

Después de que se tiene localizado el sitio en el cual se va a armar el tanque y se que se tiene la cimentación adecuada para el tanque a armar, se procede al montaje del tanque, empezando por el fondo, luego el cuerpo o envoltura y terminando por el techo: ya sea de tipo fijo o flotante.

Antes de empezar a tender el fondo del tanque es necesario localizar el centro del tanque, en la base, por lo cual se podrán seguir cualquiera de los dos procedimientos que a continuación se presenta:

#### V.1.1.- Procedimiento Número Uno

1.a.- Se debe medir el diámetro de la base en tres sitios aproximadamente a 120° (Diámetro interior del anillo de cimentación).

1.b.- Se calcula el diámetro promedio de las mediciones del paso anterior y se determina el radio promedio.

1.c.- Con la utilización de una cinta metálica se sostiene un extremo de ésta en un punto "A" del diámetro interior del anillo y se describe un arco con el radio calculado, cruzando el centro con la base.

1.d.- En otros dos puntos "B" y "C" de la pared interior del anillo de cimentación a una distancia X (dependiendo del diámetro del tanque) del primero, se repite el paso 1.c. Ver Fig.V.1.1.

1.e.- La intersección de los tres arcos nos da el centro buscado.

El diámetro promedio puede ser calculado con la siguiente fórmula:

$$Dp = \frac{D1 + D2 + D3}{3}$$

y el radio promedio con la fórmula:

$$Rp = Dp / 2$$

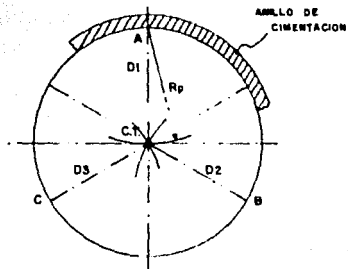


Fig. V. 1. 1.

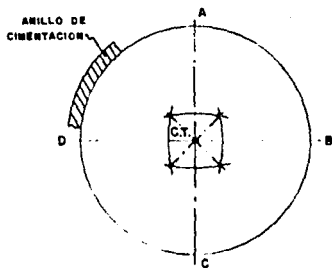


Fig. V. 1. 2

dónde:

Dp = Diámetro promedio.  
Rp = Radio promedio.  
D1 = Diámetro 1.  
D2 = Diámetro 2.  
D3 = Diámetro 3.

### V.1.2.- Procedimiento Número Dos

2.a.- Se fijan cuatro puntos A,B,C y D aproximadamente a 90° de separación y se trazan cuatro arcos desde estos puntos, con un radio ligeramente mayor que el real. En el cruce de las diagonales trazadas en la intersección de los arcos, obtenemos el centro del tanque. Ver Fig.V.1.2.

Después que ha sido localizado el centro del tanque, se debe medir el radio del tanque en todas direcciones (deberá coincidir con el eje del anillo) para confirmar que las dimensiones de la base son las adecuadas para el tanque que se va a montar y que el centro esté correctamente fijado.

### V.2.- Manejo de Placas.

El manejo de las placas para la construcción de las diferentes partes del tanque es importante, por lo cual se dan las siguientes recomendaciones en el manejo de dichas placas.

1.- El manejo de las placas planas y roladas deberá hacerse sujetandolas en los tercios medios largos con pernos.

2.- No se deberá por ningún motivo transitar con equipo pesado sobre las láminas colocadas en el piso, ya que podrían tener una deformación.

En la Fig.V.2 se muestra el manejo de las placas planas y roladas así como las herramientas utilizadas para estas maniobras.

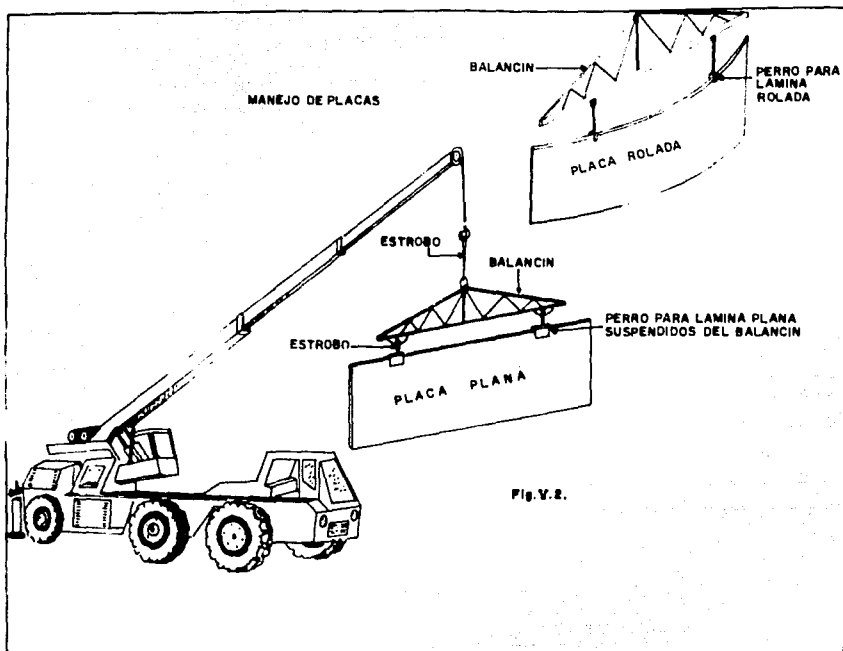
### V.3.- Montaje del Fondo.

El fondo del tanque se puede fabricar conforme a uno de los siguientes métodos o una combinación de ellos.

#### V.3.1.- Primer Método

Las placas traslapadas del fondo tendrán una forma sensiblemente rectangular con sus cantos a escuadra. Los traslapes de tres placas del fondo de los tanques distarán entre sí y de la envolvente o cuerpo del tanque cuando menos 305 mm (12"). Las placas del fondo únicamente irán soldadas por su cara superior con





una soldadura de filete completo y continuo en toda la junta.

Las placas del fondo que queden debajo del anillo inferior de la envolvente deberán estar traslapadas y ajustadas de manera que la envolvente se apoye uniformemente sobre ellas como se muestra en la figura V.3.1, a menos que se utilicen placas anulares en el fondo.

Cuando se utilicen placas anulares, éstas deberán soldarse a tope como mínimo en una distancia de 609 mm (24") a partir de la interior de la envolvente.

#### V.3.2.- Segundo Método

Las placas del fondo soldadas a tope, deberán llevar sus cantos paralelos; dichos cantos deberán llevar una preparación (ranura en V o cuadrada) para soldarse a tope. Si en el diseño se especifican ranuras cuadradas, la abertura en la raíz no deberá ser menor de 6.3 mm (1/4"). Las placas del fondo soldadas a tope, deberán llevar una tira de solera de respaldo con espesor mínimo de 3.2 mm (1/8") y punteada con soldadura a la parte posterior de la placa. Se deberá utilizar un separador metálico para mantener la abertura de la raíz de la junta entre las dos placas adyacentes.

Dos juntas a tope en el fondo del tanque no deberán estar más cerca una de otra que una distancia de 305 mm (12"), así como también con la junta de la envolvente del tanque.

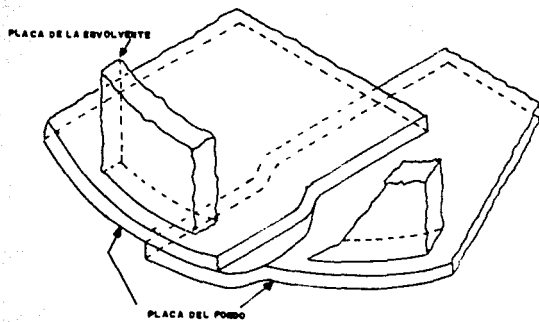
#### V.4.- Tendido del Fondo con Placas Traslapadas

El arreglo del tendido de las placas del fondo puede adoptar varias formas. A continuación se describen tres de los tipos más comunes seleccionados por los más importantes diseñadores de tanques.

##### V.4.1.- Arreglo del Tendido No.1

Fondos con las placas formando hileras longitudinales y filas transversales.- Las placas periféricas de cierre son anulares e irregulares. Este arreglo es para tanques con capacidad de 100000 barriles. Ver Fig.V.4.1.a.

En la Fig. V.4.1.b se muestra un tipo de tendido de placas igual al mostrado en la Fig.V.4.1.a (formando hileras longitudinales y filas transversales); la única diferencia es que este tendido es para tanques de mayor capacidad (250000 a 500000 barriles).



**Fig. 3.1.** METODO DE PREPARACION DE LAS PLACAS TRASLAPADAS DEL FONDO, DEBAJO DE LA ENVOLVENTE DEL TANQUE.

- NOTAS a.-Fijate las placas con la menor cantidad de puntos de soldadura.  
 b.-Úsase la técnica de soldar en retroceso en todas las costuras.  
 c.-Las costuras (1) pueden hacerse en cualquier momento pero siempre antes que las (2) y (3).

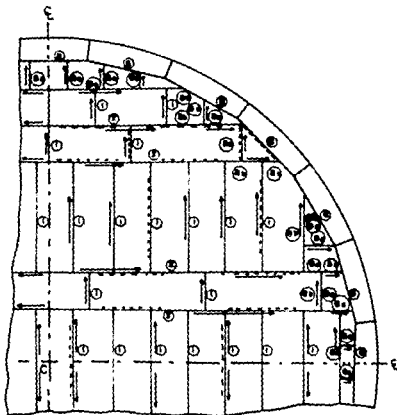


Fig. V. 4.1.a. ARREGLO DEL TENDIDO DE PLACAS No.1

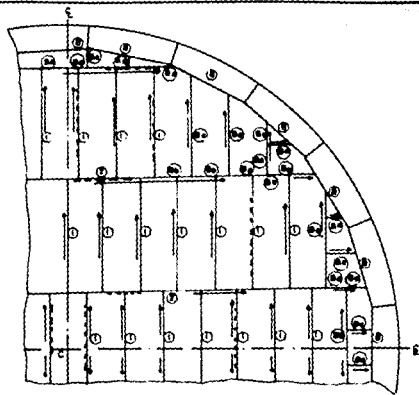


Fig. V. 4.2. ARREGLO DEL TENDIDO DE PLACAS No.2

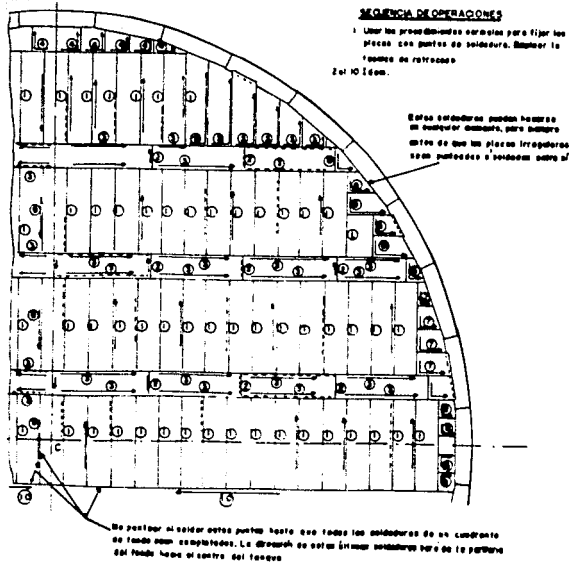


Fig. V. 4. i. b. TENDIDO DEL FONDO CON PLACAS TRASLAPADAS

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

#### V.4.2.- Arreglo del Tendido No.2

Fondos con las placas rectangulares dispuestas solamente en hileras longitudinales con placas anulares en la periferia y Placas irregulares transversales.- Este tipo de tendido se utiliza para tanques de mediana capacidad ( 55000 a 100000 barriles). Ver Fig.V.4.2.

#### V.4.3.- Arreglo del Tendido No.3

Este arreglo es de tipo plataforma, con todas las placas rectangulares e irregulares en un sólo sentido y sin placas anulares. Este arreglo se utiliza para tanques de mediana a baja capacidad ( 55000 a 500 barriles). Ver Fig.V.4.3.a.

Este arreglo del tendido No.3 utiliza la técnica de soldeo que se describe a continuación.

Para evitar grandes deformaciones, se debe seguir la secuencia de la soldadura marcada en las juntas con números progresivos y se debe respetar la dirección del avance del soldeo marcado con flechas. Ver Fig.V.4.3.b.

Como complemento a lo anterior se siguen las instrucciones dadas a continuación:

1.- Las costuras entre las placas rectangulares marcadas 1 y 2 podrán soldarse sin relacionarlas con las soldaduras 4 entre Placas irregulares.

2.- Las costuras 4 de las placas irregulares se soldarán en cualquier tiempo después que el cordón interior de la junta del fondo-envolvente ha sido soldada completamente.

3.- Las costuras 3 de las placas rectangulares, deberán soldarse antes que las juntas entre las irregulares y las rectangulares marcadas con líneas más gruesas sean soldadas.

Las demás soldaduras 1, 2 y 4 se completarán antes que se sude la 3.

Este procedimiento se puede seguir de una mejor manera observando la Fig.V.4.3.b.

#### V.5.- Procedimiento de Montaje de Fondos con Placas Anulares

En este tipo de fondos las placas anulares van soldadas a tope con bisel en "V" y láminas de respaldo. El siguiente es un procedimiento que se puede seguir para el montaje de este tipo de fondos.

1.- Colocar la placa correspondiente al centro del tanque y transportar a la misma el centro, previamente localizado y marcado en el anillo de cimentación; soldar en el nuevo centro un perno de

- NOTAS. a.- Fijense las placas consecutivas en puntos de soldadura.  
 b.- Usese la cámara de retracción en todos los costados en todas las costuras.



- NOTAS. a.- Fijense las placas con el menor número de juntas de soldadura.  
 b.- Usese la cámara de retracción en todos los costados.  
 c.- Las soldaduras d se hacen en cualquier tiempo después que la soldadura de costado anterior se haya completado.  
 d.- El trabajo empezado con línea gruesa se hará al final.

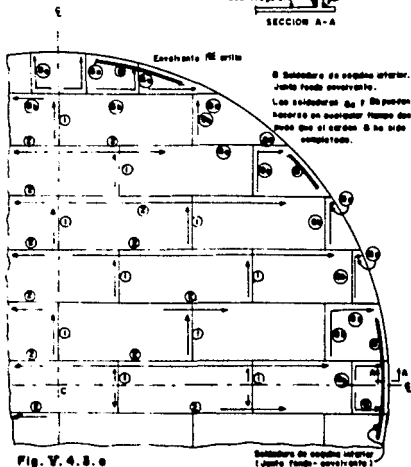
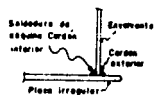


Fig. Y. 4.3. a

ARREGLO DEL TENDIDO DE PLACAS No. 3

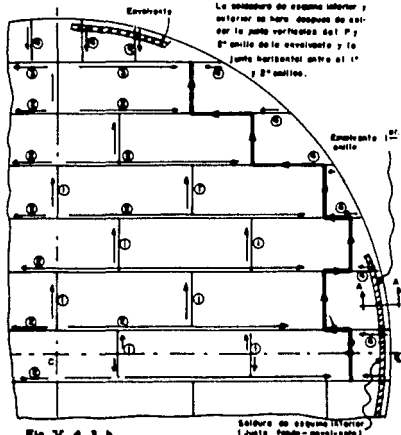


Fig. Y. 4.3. b

13 mm de diámetro por 100 mm de longitud. Ver Fig.V.5.1.

2.- Tender y ajustar las placas anulares, a fin de obtener una separación apropiada entre placa y placa, usar un radio ajustado que no es otro, que el indicado en los planos para la periferia de las Placas, aumentando algunos milímetros, según la tabla siguiente:

Número de Placas Anulares	13	19	25	32	38	44	50
Aumento al Radio del Plano(mm)	06	10	13	16	19	22	25

2.1.- El tendido de las placas anulares se puede hacer realizando el siguiente procedimiento:

2.1.a.- Las placas anulares para apoyo del primer anillo se tenderán repartidas en la circunferencia de la cimentación, para proceder a soldarlas en secciones de dos en dos.

2.1.b.- Las uniones radiales deberán tener 100% de penetración y con un radio grafiado total, utilizar placa de respaldo de cobre, para soldar sólo por la parte superior.

2.1.c.- El anillo anular deberá quedar concéntrico con el trazo del radio exterior, que se encuentra sobre la cara superior de la cimentación.

2.1.d.- La soldadura radial superior de las placas anulares deberán ser esmeriladas en el paso de apoyo del primer anillo de la envolvente. Ver Fig.V.5.4.

3.- Iniciar el montaje de las placas rectangulares traslapadas del fondo ya sea por el arreglo No.1 o el arreglo No.2 para placas traslapadas presentados anteriormente.

4.- Soldar los 250 mm (10") del extremo exterior de todas las juntas radiales de las placas anulares, esmerilarlas e inspeccionar la soldadura (con alguno de los métodos utilizados) de los 150 mm (6") extremos. Ver Fig.V.5.2 y Fig.V.5.3.

#### **V.6.- Fijación del Cuerpo (Envolvente) con el Fondo**

La fijación del borde inferior del primer anillo del cuerpo con las placas del fondo se hará con soldaduras de filate continuo sobre ambos lados de la placa del cuerpo. El tamaño de cada soldadura de filate no será mayor de 13 mm (1/2") ni menor que el espesor de la placa más delgada en la junta, de acuerdo con la



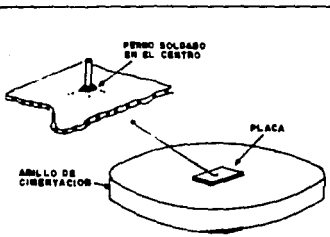


Fig. V. 5.1

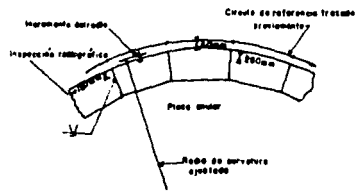


Fig. V. 5.2.

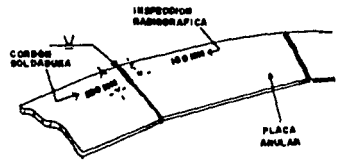
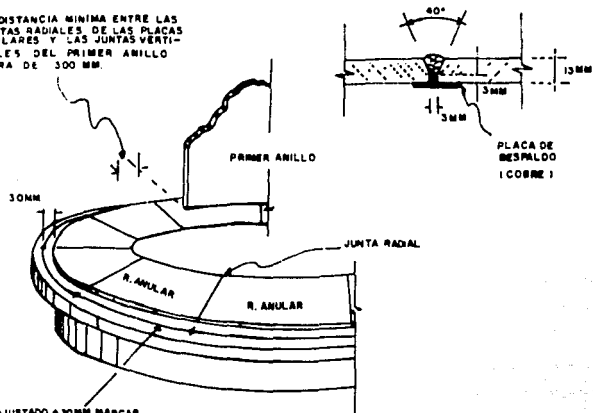


Fig. V. 5.3

CORTE DE JUNTA RADIAL

LA DISTANCIA MINIMA ENTRE LAS  
JUNTAS RADIALES DE LAS PLACAS  
ANULARES Y LAS JUNTAS VERTI-  
CALES DEL PRIMER ANILLO  
SERA DE 300 MM.



RADIO AJUSTADO + 30MM MARCAR  
LOS PUNTOS CON PINTURA O  
EN OTRA FORMA DE TAL MANE-  
RA QUE NO SE BORREN DURAN-  
TE LAS MANIOBRAS DE TENDIDO.

Fig. Y. 5.4.

tabla de valores mínimos que se da a continuación:

Espesor Max. Placa Cuerpo (t) mm (pulg)	Tamaño Mín. Soldadura Filete mm (pulg)
t = 5 (3/16)	5 (3/16)
5 < t ≤ 19 ; (3/16) < t ≤ (3/4)	6 (1/4)
19 < t ≤ 32 ; (3/4) < t ≤ (1 1/4)	8 (5/16)
32 < t ≤ 38 ; (1 1/4) < t ≤ (1 1/2)	10 (1 1/2)

#### V.7.- Intersección de Tres Placas

Cuando las hileras y filas de placas rectangulares se sueldan entre sí, se requiere hacer dobleces en la intersección y después soldar. Ver Fig.V.7.1.

En la Fig. V.7.2 se muestra que se debe soldar la porción de las placas 2 y 3 que quedará cubierta por la No.4 (Fig.V.7.1) y puntear el resto de esta unión antes de tender la placa No.4; si esta porción no fue soldada, remover la placa No.4 para soldar todo el cordón en la unión de las placas 2 y 3.

Después se dobla la placa No.4 en forma de bayoneta para que asiente sobre la placa No.2 y suéldese la junta formada por las placas 4-3 y 4-2 de modo continuo sin interrumpiría en el traslape, ya que se podría originar una grieta. Ver Fig.V.7.3.

#### V.8.- Ajuste y Soldeo de Esquinas Bayoneteadas

Cuando el diseño de un fondo no contempla placas anulares, la envolvente se apoyará en placas irregulares traslapadas, pero para mantener nivelada toda la periferia para asentar la envolvente, es necesario modificar el traslape en las esquinas extremas exteriores formando un conjunto machi-hembrado.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

1.- Suéldese el lado exterior de fuera hacia el centro, omitiéndose 150 mm (6") y soldar 100 mm más (4") como se puede observar en la Fig.V.8.

2.- Colocar una placa de asiento provisional como un bordo y golpear el traslape hacia abajo hasta que las caras superiores de dos placas irregulares adyacentes estén a nivel.

3.- Completar la soldadura en el área doblada, usando el requerido número de pasadas (dos mínimas) para hacer un traslape soldado completo y retirar la placa provisional de asiento, para que las irregularidades se apoyen en el anillo de cimentación.

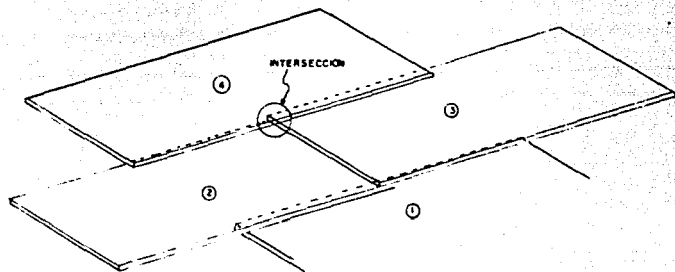


Fig. V.7.1.

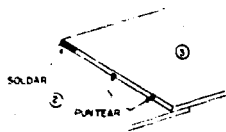


Fig. V.7.2.

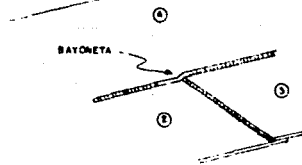


Fig. V.7.3

INTERSECCION DE TRES PLACAS

# AJUSTE Y SOLDEO DE ESQUINAS BAYONETEADAS

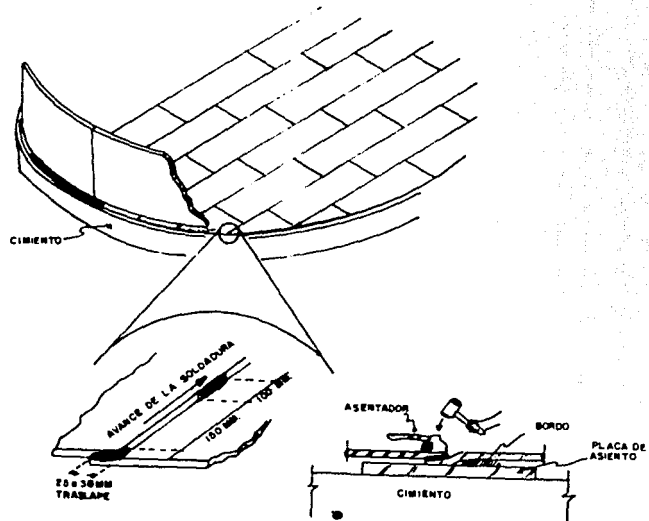


Fig. V. 8

Para entender mejor el procedimiento ver la Figura V.8.

## V.9.- ERECCION DE LA ENVOLVENTE

### V.9.1.- Trazos Auxiliares en la Erección

El procedimiento de los trazos auxiliares en la erección es el que se presenta a continuación:

1.- Enganchar la argolla extrema de una cinta metálica de medir en el perno soldado en la placa central del fondo y trazar tres círculos concéntricos de referencia; el primero con un radio al medio espesor de las placas del primer anillo de la envolvente, el segundo con el radio interior del tanque y el tercero con un radio de 25 mm menor que el segundo. Ver Fig.V.9.1.a.

2.- El trazo de cuerdas se realiza mediante el empleo de dos cintas de medir. Mientras que con una se está midiendo el radio del medio espesor sobre el círculo correspondiente, con la otra se mide al mismo tiempo la longitud de la cuerda desde el trazo anterior. Ver Fig.V.9.1.b.

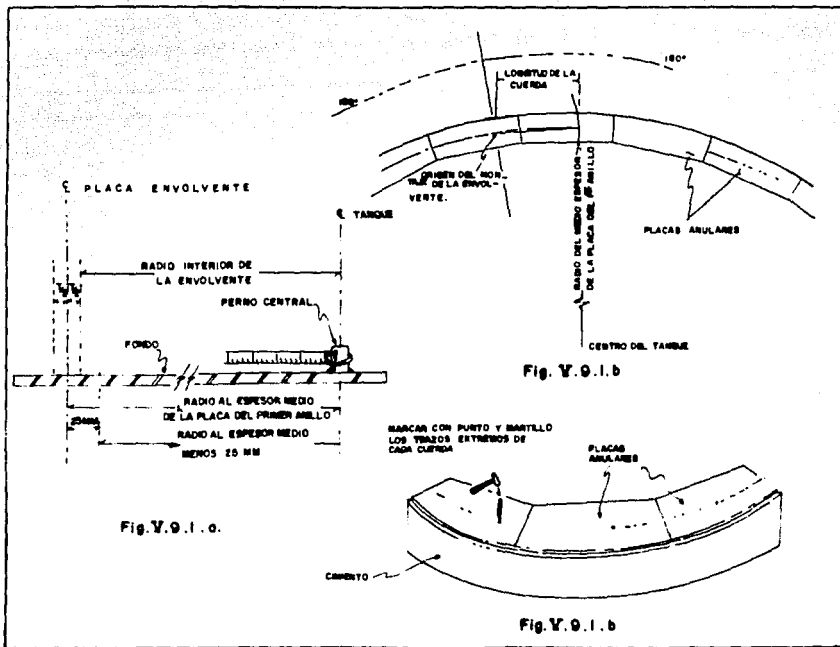
Empezando en el punto donde se inicia el montaje de la envolvente, trazar los extremos de las cuerdas de todas las placas del primer anillo trabajando independientemente las dos medias circunferencias en direcciones opuestas, si las localizaciones finales en cada dirección no coinciden, dividir el error entre el número de cuerdas, incrementar su longitud con el cociente que resulte y trazarlas nuevamente. Repetir esta operación hasta que no haya error.

Antes de elegir cada placa de la envolvente es necesario soldar en cada una de ellas tuercas lisas para los candados sujetadores correspondientes a las juntas verticales y para los rigidizantes en las juntas horizontales. Ver Fig.V.9.1.c.

Se deben puntear por pares en las placas anulares o placas irregulares (según sea el tipo de fondo) del fondo, una serie de placas lisas de 50 X 50 X 25 mm (Ver Fig.V.9.1.d y Fig.V.9.1.e) separadas del eje de la envolvente hacia el exterior y el interior, un medio espesor de la placa del primer anillo más 13 mm. Ver Fig.V.9.1.e.

Localizar primero dos placas lisas a 150 mm de cada eje por el lado exterior y a 600 mm por el lado interior, después el resto de la serie a intervalos no menores de 1000 a 2500 mm. Ver Fig.V.9.1.e.

Se engancha en el balancín la primera placa que ha de colocarse y se transporta al sitio indicado.







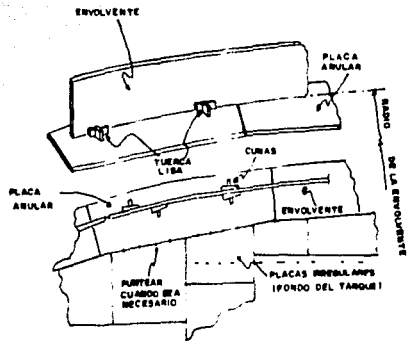
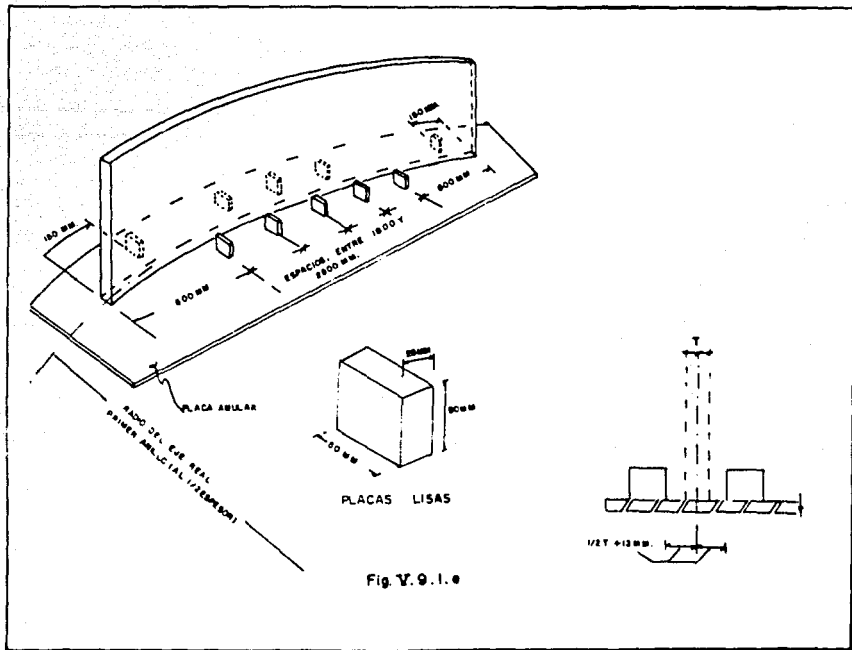


Fig. Y.9.1. d.



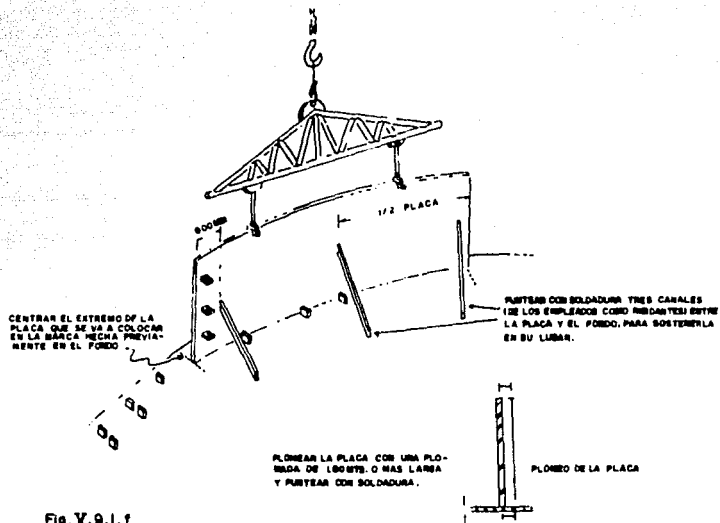


Fig. Y. 0.1. f

Se debe mover la placa hacia afuera o hacia adentro lo necesario para situar el extremo en la marca correspondiente.

No se deberán unir dos placas de la envolvente con puntos de soldadura para unir las al fondo las dos juntas, se debe hacer placa por placa.

Se puntea con soldadura tres canales o tuberías entre la placa y el fondo para sostenerla en su lugar. Ver Fig.V.9.1.f.

Se plomea la placa con una plomada de 1.80 mts o más larga y una vez que está bien colocada en forma vertical entonces puntear con soldadura la placa y el fondo. Ver Fig.V.9.1.f.

El armado de las placas de la envolvente se hace siguiendo el sentido de las manecillas del reloj.

### V.9.2.- Unión y Soldado de las Juntas Verticales

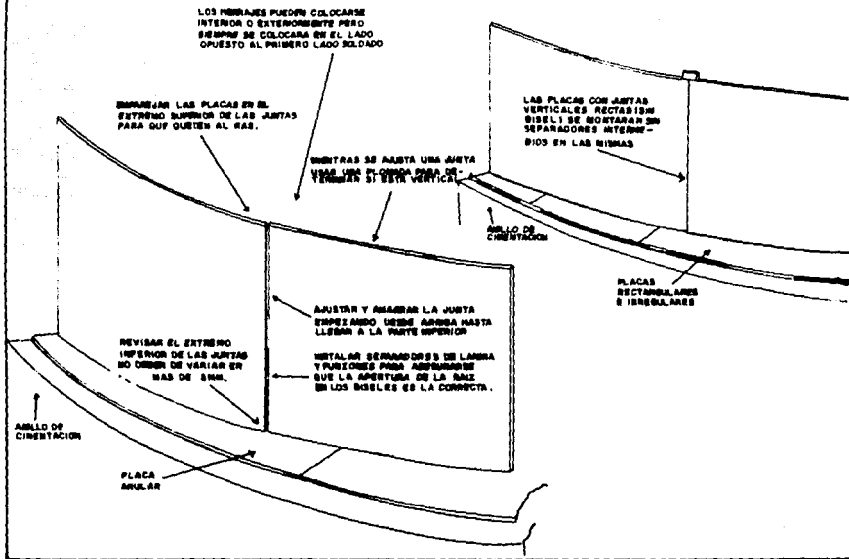
El procedimiento es el siguiente:

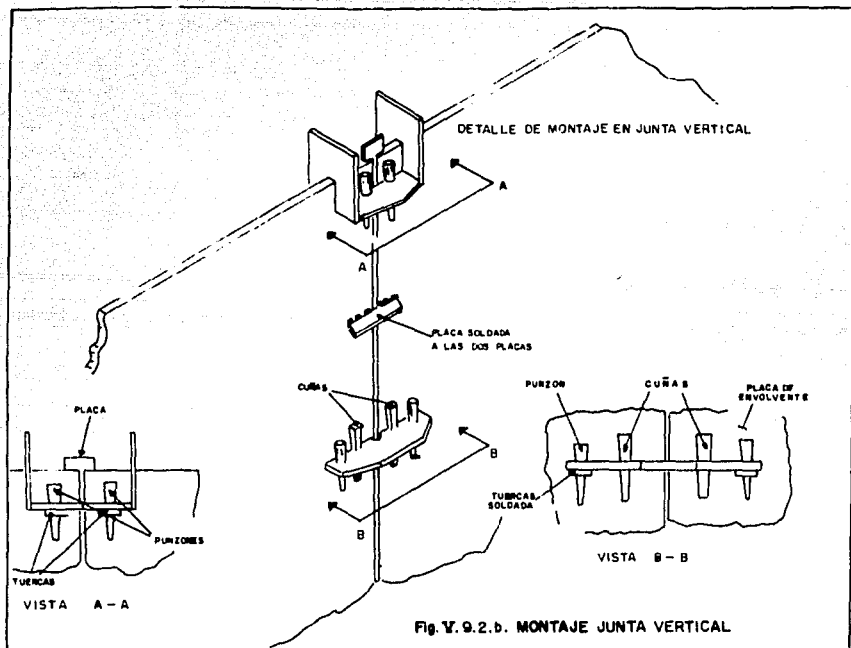
- 1.- Emparejar las placas en el extremo superior de la junta para que queden al ras.
- 2.- Mientras se ajusta una junta usar una plomada para determinar si está vertical.
- 3.- Ajustar y amarrar la junta empezando desde arriba hasta llegar a la parte inferior.
- 4.- Revisar el extremo inferior de las juntas. No se deben de variar más de 3 mm.
- 5.- Instalar separadores de lámina y punzones para asegurarse que la apertura de la raíz en los bisales es la correcta.
- 6.- Las placas con juntas verticales rectas (sin bisel) se montarán sin separadores intermedios en las mismas.
- 7.- Para fijarlas en sus respectivas posiciones de tal modo que no puedan desviarse, deberá soldarse una pequeña placa de sujeción sobre el lado horizontal a ambos lados de la vertical y a 90° de la misma.

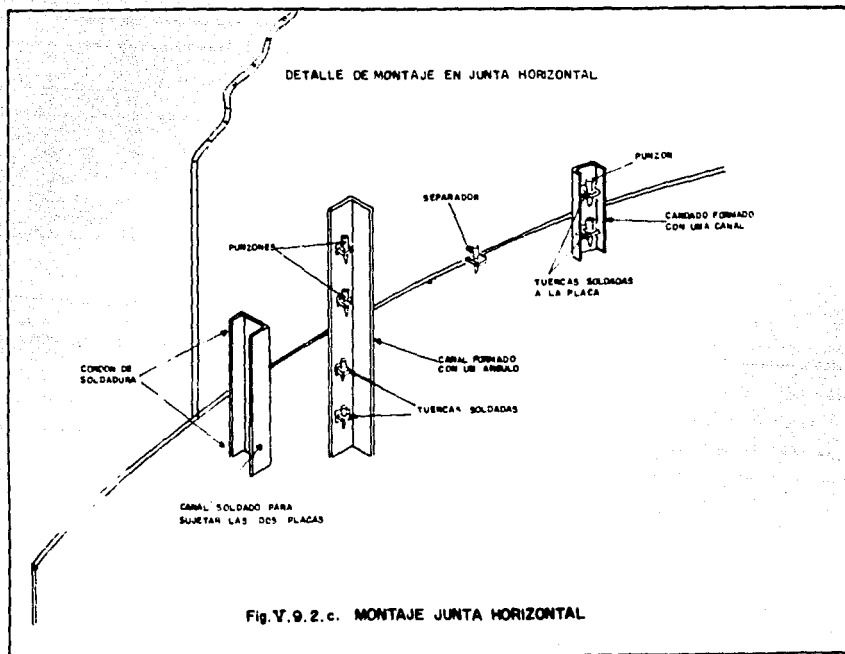
Para seguir el procedimiento en forma gráfica ver la Fig. V.9.2.a.

Todas las juntas horizontales y verticales van con puntos de soldadura y el soldado completo (soldadura de filete) se hace una vez que se terminaron de armar los anillos. Esto se hace para permitirle libertad a la lámina de la placa, ya sea por cuestiones de clima se expanda o se contrae y esto traería problemas si se soldase desde un principio con la soldadura completa.

Fig.V.9.2.a. UNION Y SOLDADO DE JUNTAS VERTICALES







En las figuras V.9.2.b y V.9.2.c se muestra el detalle del montaje de las juntas verticales y horizontales respectivamente. En estas figuras también se muestran algunas herramientas utilizadas para mantener la horizontalidad y la verticalidad de los anillos.

### **V.9.3.- Requerimientos de Horizontalidad de la Envolvente**

La orilla superior de cada anillo de la envolvente deberá estar a nivel con una tolerancia de  $\pm 3$  mm ( $\pm 1/8$ ") en una longitud de 9.00 mts (30') en cualquier parte del perímetro del tanque y una tolerancia de  $\pm 6$  mm ( $\pm 1/4$ ") en la circunferencia total desde un punto de referencia. Estas tolerancias son aplicables a cualquier tipo de cimentación adoptada. Sin embargo, una envolvente desplantada sobre un anillo de piedra o grava casi siempre tendrá que ser nivelada para alcanzar los criterios adoptados de nivel. Ver Fig.V.9.3.

### **V.9.4.- Verticalidad de la Envolvente**

La máxima desviación de la vertical desde la parte más alta de la envolvente a un punto situado a 30 mm arriba del fondo, no deberá exceder de  $1/200$  de la altura total H de la envolvente; la desviación en cada anillo, será proporcional a la máxima.

Por ejemplo: en todos los tanques con 6 anillos de 2438 mm (8') de ancho cada uno, la altura total H valdrá 14628 mm (48"). La desviación total será de 76 mm (3") en números redondos y en cada anillo, de tolerancia se incrementará 12.5 mm (1/2") como máximo. Ver Fig. V.9.4.

### **V.9.5.- Redondez de la Envolvente**

Los radios de la envolvente medidos a 300 mm (1') arriba del fondo, no excederán de las tolerancias indicadas en la tabla 1.4.5.

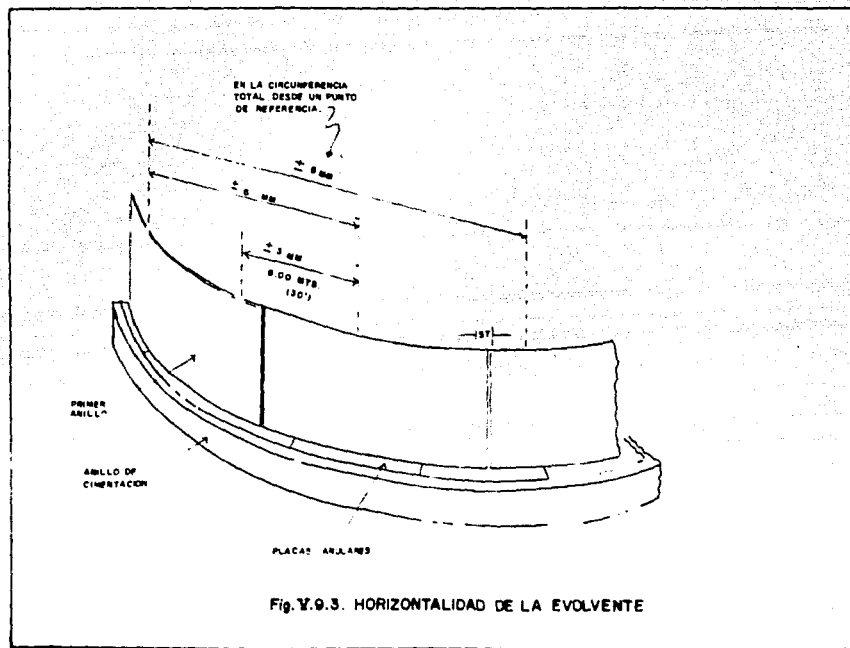
Se conocen como "Peaking" y "Bandings", los efectos que provocan distorsión de la curvatura horizontal y distorsión de la recta vertical del tanque respectivamente.

Se deberán tomar lecturas de los efectos mencionados en forma continua y durante toda la etapa de construcción, de acuerdo al siguiente criterio:

- Medir la tolerancia de 13 mm con un escantillón (cercha) de 300 mm de longitud.

- Es recomendable que estas mediciones se efectúen barriando con el escantillón a todo lo largo y a lo ancho de las placas y en las uniones soldadas verticales y horizontales de las mismas. Ver Fig.V.9.5.a.





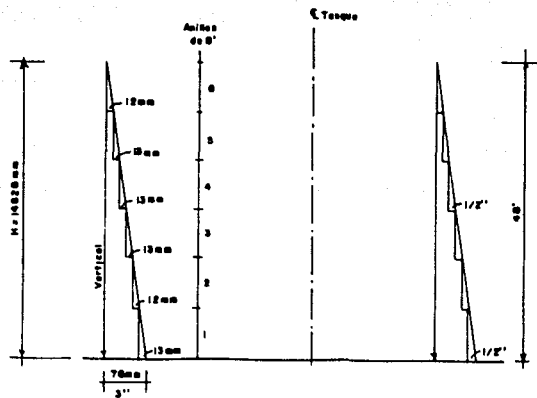
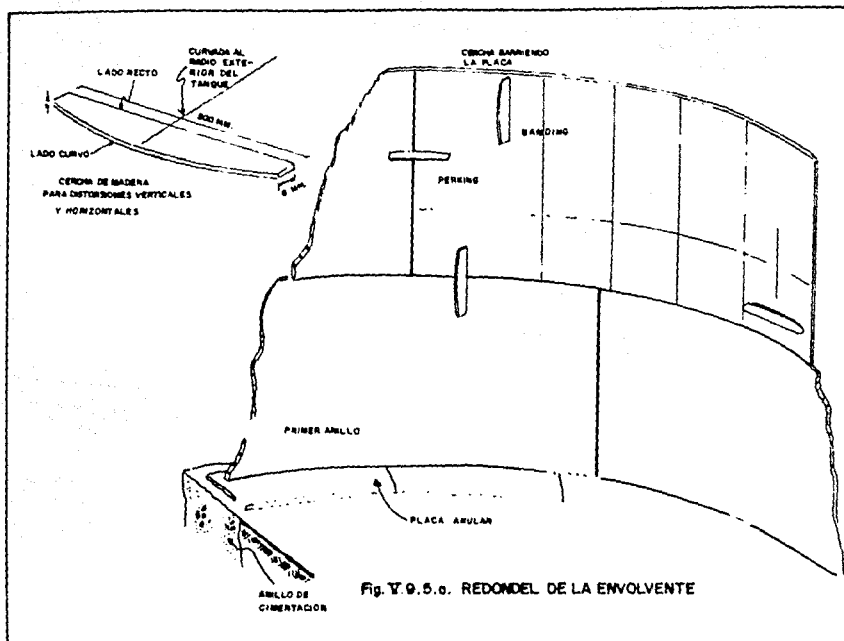


Fig.V.9.4. VERTICALIDAD DE LA ENVOLVENTE



- Este tipo de medición deberá efectuarse en todas las placas del tanque y apuntarse en un registro en el que se controlen y detecten los puntos fuera de tolerancia, en estos casos se harán las correcciones necesarias a las Placas deformadas.

La medición directa del radio de los anillos de la envolvente para fines de revisión de la redondez de la misma, dá resultados satisfactorios en tanques hasta alrededor de 45 mts (150') de diámetro, para radios mayores hay dos procedimientos de medición para obtener radios reales.

El primer procedimiento consiste en trazar un círculo de referencia en el fondo del tanque con un radio (X) y usar una plomada con alambre cuerda de piano con una medida (Y), fija en el extremo superior del anillo correspondiente; Ver Fig.V.9.5.b. Medir la distancia Z en toda la periferia, cada 5° a partir del origen o Norte convencional y siguiendo un movimiento contrario al de las manecillas del reloj. El radio buscado es igual a la suma  $X+Y+Z$ . Teóricamente si la redondez es perfecta, la distancia Z será la misma en todas las mediciones y por lo tanto, la suma  $X+Y+Z$  será el radio del tanque indicado en el plano del fondo.

Sin embargo, si Z varía de una medición a las otras, los radios calculados también varían y el tanque no está redondo. Comparar con las tolerancias admisibles y si hay discrepancia corregir la redondez.

Sumergir la plomada en un recipiente con agua o aceite, para impedir cualquier variación de la vertical. En la medición de los radios de los anillos superiores casi siempre que ya se está trabajando el diafragma del techo sobre el fondo, en cuyo caso proceder de acuerdo con la Fig.V.9.5.c o sea hágase las mediciones por el exterior del tanque, pero siguiendo las indicaciones correspondientes a la Fig.V.9.5.b. Ahora el radio del tanque se calcula con la diferencia  $(X-Y)-Z$ .

El segundo procedimiento consiste en medir con la cinta de acero, radios inclinados desde el perno central del tanque a la orilla superior de cada anillo (Ver Fig.V.9.5.d) en toda la periferia de la envolvente, cada 5° a partir del origen o Norte convencional. Llevar un registro de mediciones de cada radio inclinado y compararlas. Si hay discrepancia entre dos o más mediciones consecutivas y la diferencia entre la más larga y la más corta no es aceptable, calcular el radio real inclinado y corregir la envolvente si es necesario. Cuando se haga el registro de mediciones, anotar que se trata de radios inclinados. Este procedimiento requiere que haya la misma tensión en la cinta en cada medición.

#### **V.9.6.- Nivelación de los Anillos de la Envolvente**

Se deben llevar registros adecuados de las lecturas de nivelación de la envolvente, después que cada uno de los primeros



TABLA V.9.5.- TOLERANCIA EN LOS RADIOS DE LA ENDOLENTE

DIAMETRO DEL TANQUE	TOLERANCIA EN EL RADIO
HASTA 12 METROS (40')	+/- 13 mm (+/- 1/2")
DE 12 A 45 METROS (40' A 150')	+/- 19 mm (+/- 3/4")
DE 45 A 76 METROS (150' A 250')	+/- 25 mm (+/- 1")
Mayor de 76 METROS (Mayor de 250')	+/- 32 mm (+/- 1 1/8")

TABLA V.9.6.- DIFERENCIAS ADMISIBLES EN EL NIVEL DE DIAMETROS DE LOS TANQUES

DIAMETRO DEL TANQUE MIS - PIES	DIFERENCIA ADMISIBLE DIAM. MAX. A DIAM. MIN. MM	PULG.
0-12 (0-40)	25	(1)
12-45 (40-150)	38	(1 1/2)
45-76 (150-250)	51	(2)
Mayor de 76 (Mayor de 250)	64	(2 1/2)

tres anillos ha sido montado. Si ha ocurrido un asentamiento diferencial mientras se está montando el segundo y el tercer anillo, continuar revisándolos hasta que dos anillos consecutivos no registren hundimientos diferenciales. Asentar las lecturas antes y después de cada re-nivelación. También registrar los diámetros de tanques de techo flotante en todos los anillos que requieran lecturas de nivel. Ver tabla V.9.6 para diferencias admisibles en dichos diámetros.

#### **V.10.- MONTAJE DE BOQUILLAS**

Primero se deben localizar accesorios a partir del Norte constructivo el cual en ocasiones no coincide con el Norte Astronómico de acuerdo con los planos de localización de accesorios del proyecto.

Siempre que sea posible no deben diseñarse entradas rectangulares, cuando sea necesario, redondear las esquinas con un radio no menor de 150 mm. Por lo tanto, el diseño debe ser circular en la mayoría de los casos. Ver Fig.V.10.a.

Los cortes en la envolvente para la entrada de las boquillas deberá hacerse con exactitud.

La periferia de la abertura, debe estar lisa y libre de cortaduras en bordes o cantos. Toda la escoria, rebaba y recortes deberán removerse con esmeril. Ver Fig.V.10.b.

Se debe efectuar soldadura por el método de cascada con el fin de mantener siempre caliente la boquilla hasta terminar el soldeo, siguiendo el procedimiento que se indica en la Fig.V.10.c.

No se debe martillar en la primera y la última capa, pero sí es permitido en las capas intermedias, con el fin de evitar deformaciones.

##### **V.10.1.- Soldeo de la Boquilla**

El primer soldeo deberá hacerse entre el cuello y la envolvente.

El segundo soldeo se hará entre el cuello y la placa de refuerzo.

El último soldeo se hará entre la placa de refuerzo y la envolvente. Ver Fig.V.10.1.

#### **V.11.- MONTAJE DE LAS PUERTAS DE LIMPIEZA**

Se deben presentar las placas en la ubicación correcta, manejándolas en la misma forma que las demás Placas de los anillos.

No se deberán usar placas separadoras. No se debe desenganchar el equipo de levantamiento, hasta que los candados estén bien apretados.

Una vez presentadas, ajustadas y sujetadas las placas de la

MONTAJE DE BOQUILLAS

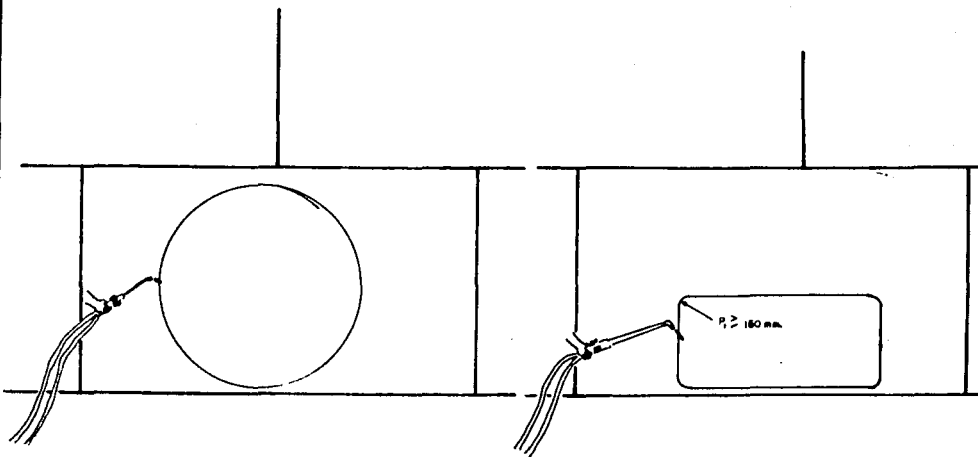


Fig.V.10.6



ELIMINAR BORDOS O CANTOS ASPEROS  
Y RESINAS CON FILOS, REMOVER ESCORIAS  
REBARBA Y RECORTAR ANTES DE SOLDAR

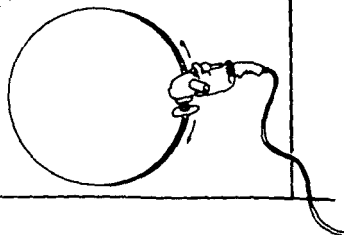


Fig. V. 10. b

EJECUTAR SOLDADURA POR EL METODO DE CASCADA CON EL  
FIN DE MANTENER SIEMPRE CALIENTE LA BOQUILLA HASTA  
TERMINAR EL SOLDEO, SIEMPRE EL PROCEDIMIENTO QUE  
SE INDICA

NO BARTILLAR EN LA PRIMERA Y LA ULTIMA CAPA, PERO  
SI ES PERMITIDO EN LAS CAPAS INTERMEDIAS CON EL  
FIN DE EVITAR DEFORMACIONES.

SECUENCIA DE SOLDADURA EN "CASCADA"

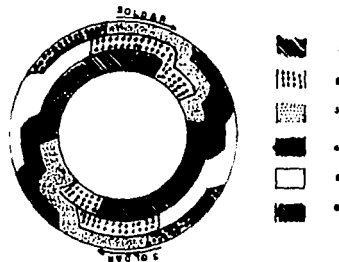
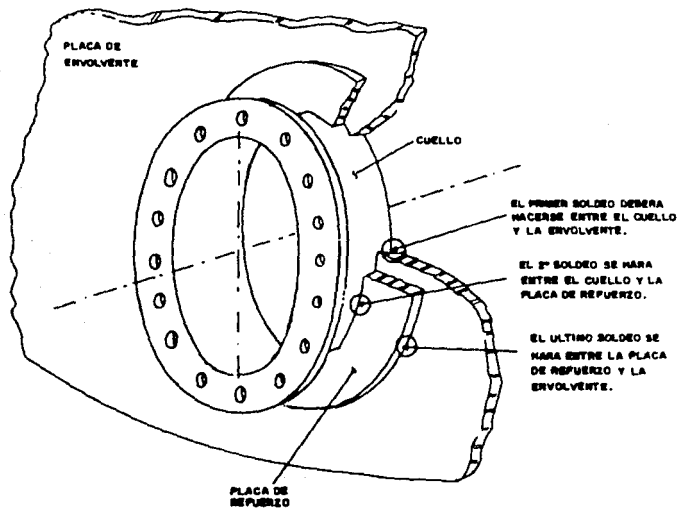


Fig. V. 10. a

Fig. V.10.1. SOLDEO DE LA BOQUILLA



## MONTAJE DE PUERTAS DE LIMPIEZA

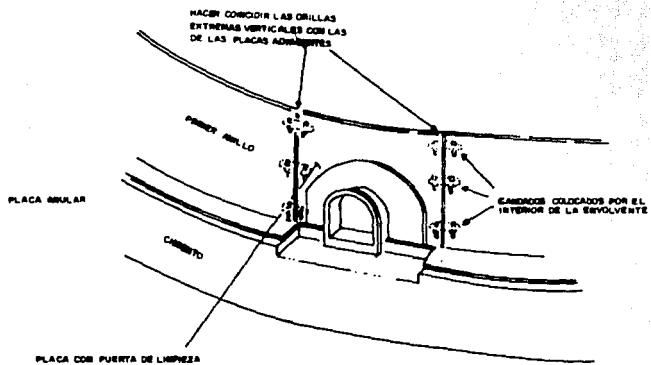


Fig.V.11.e.

puerta de limpieza, revisar la instalación y se debe liberar al equipo de montaje. Ver Fig.V.11.a.

Para contar con uno o más accesos hacia el interior del tanque, hay necesidad de remover las placas de las puertas. Estas placas no se quitarán hasta que las operaciones siguientes hayan sido realizadas:

- 1.- Dos anillos superiores, cuando menos, deberán estar totalmente soldados.
- 2.- La junta circunferencial fondo-envolvente y la primera junta horizontal entre el primero y el segundo anillo estén soldadas excepto 900 mm mínimos por cada lado de la placa. Ver Fig.V.11.b.
- 3.- La abertura que deja la placa al retirarla debe haber sido perfectamente atiesada con canales de 3.5 mts de longitud mínimos.
- 4.- No empezar a quitar los candados ni las placas de sujeción, hasta que el equipo de izaje esté enganchado.

Cuando las puertas de limpieza se colocan en forma definitiva en su lugar una vez que se terminó el montaje, fijarlas en ambas juntas verticales extremos mediante placas separadoras.

## **V.12.- ERECCION DEL TECHO FLOTANTE**

### **V.12.1.- Erección de los Pontones**

La erección de los pontones puede empezarse cuando la soldadura horizontal de los anillos 1 y 2 está completa.

El armado de los pontones se hace con el siguiente procedimiento:

- A.- Iniciar el ensamble por secciones, tendiendo las placas de la cubierta inferior de cada sección, calzarlas para ponerlas a nivel y unir las entre sí punteando las juntas radiales.
- B.- Colocar la envolvente exterior inferior punteándola y en seguida la envolvente superior.
- C.- Colocar placas divisorias de los compartimentos del pontón punteándolas a su envolvente y a la cubierta inferior. Ver Fig.V.12.1.a.
- D.- Colocar y puntear en la misma forma que la envolvente exterior la interior, así como las Placas de expansión.
- E.- Montar, ajustar y puntear el sector superior a las envolventes exterior e interior, puntear las placas divisorias de los compartimentos conforme se vaya cerrando el pontón. Cuidar de que no coincidan las juntas verticales de las envolventes con las

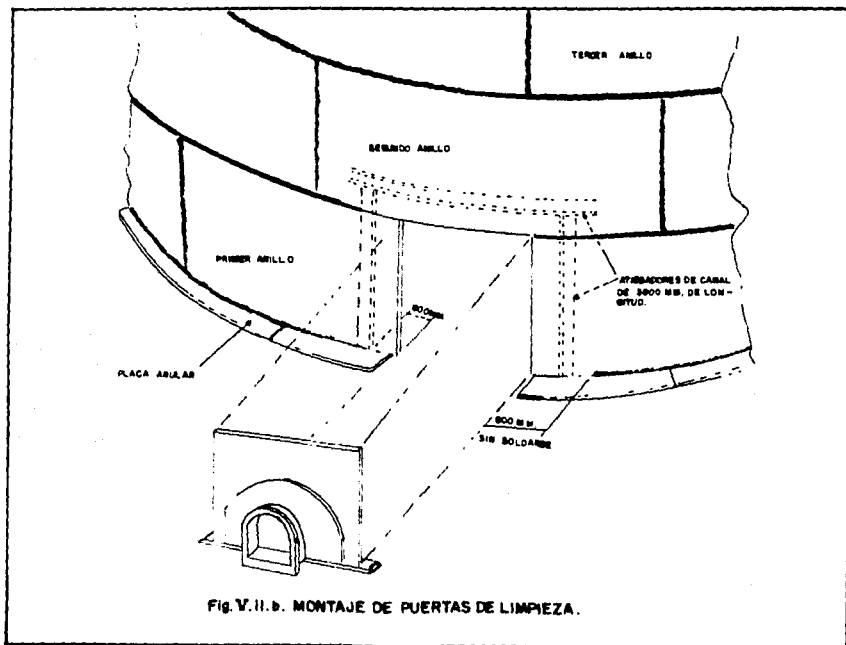


Fig. V.11.b. MONTAJE DE PUERTAS DE LIMPIEZA.

Fig. V.12.1.d. ERECCION DE LOS PONTONES

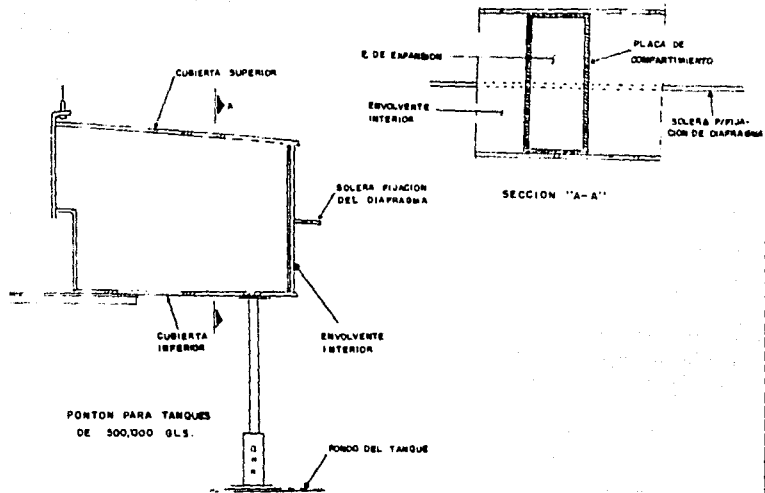
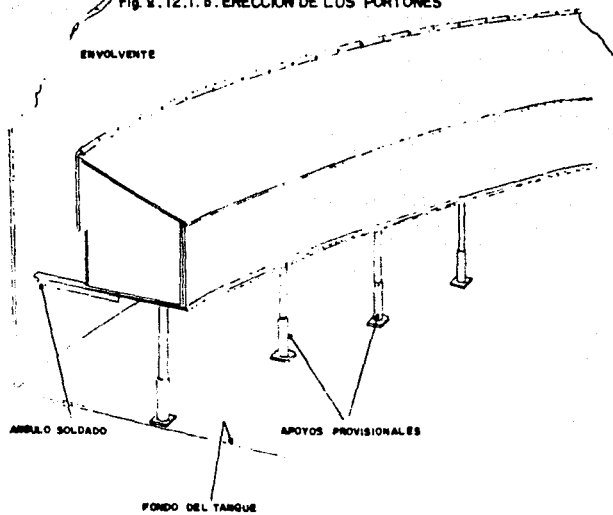


Fig. V. 12.1. b. ERECCION DE LOS PORTONES



uniones radiales.

F.- Seguir la misma secuencia de ensamblado indicada para la primera sección del pontón en las restantes.

G.- Una vez ensambladas y montadas con apoyos provisionales cada una de las secciones, iniciar el soldeo de las mismas. Ver Fig. V.12.1.b.

### **V.12.2.- Instalación del Techo y del Drenaje del Techo**

La instalación del techo y del drenaje del mismo podrá comenzar cuando la prueba de vacío de la envolvente del tanque esté completa.

La estructura del techo y las placas del mismo serán levantadas y erigidas arriba de las placas del fondo.

#### **V.12.2.A.- Tubería de Drene**

La tubería de drene podrá ser ensamblada en una sección grande para el lado del recolector de aceite, y ajustada en el lado de las placas de la envolvente, después que la instalación de las placas del techo esté completa.

#### **V.12.2.B.- Placas del Techo**

La colocación de las placa del techo podrá iniciarse en el centro del tanque.

El tendido de las placas del techo es muy similar al tendido de las placas del fondo.

Las juntas de expansión serán hechas cada 5 placas.

Se ajustará en el campo la localización de cada boya de modo que la distancia del cordón de soldadura a su línea de tangencia nunca sea menor de 80 mm. Ver Fig. V.12.2.b.

### **V.12.3.- Soportes Provisionales**

Los soportes provisionales podrán ser instalados tan alto y tan largo como los soportes del techo, más 30 mm.

Esta obra provisional (falsa) sirve para apoyo y armado del techo. En la Fig. V.12.3 se muestra una obra falsa que comúnmente se utiliza en el armado de los techos flotantes.

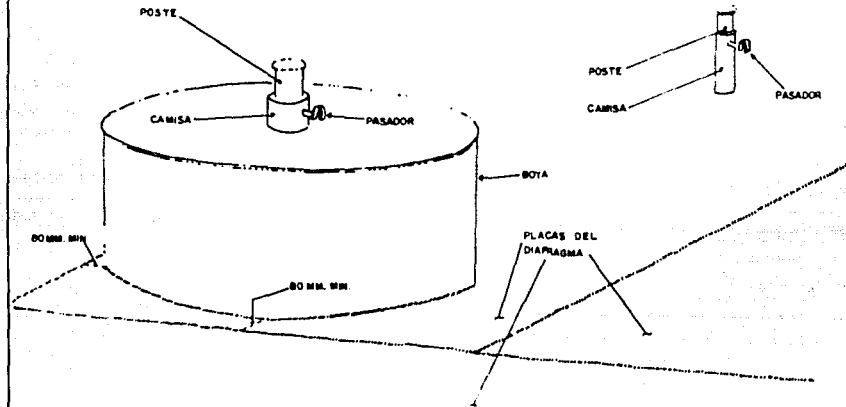
### **V.12.4.- Columnas de Soporte (Postes)**

El procedimiento de armado es el siguiente:

a.- Después que la soldadura del techo y los pontones esté



Fig. V.12.2.b. PLACAS DEL TECHO



OBRA FALSA  
PARA APOYO Y ARMADO DEL TECHO

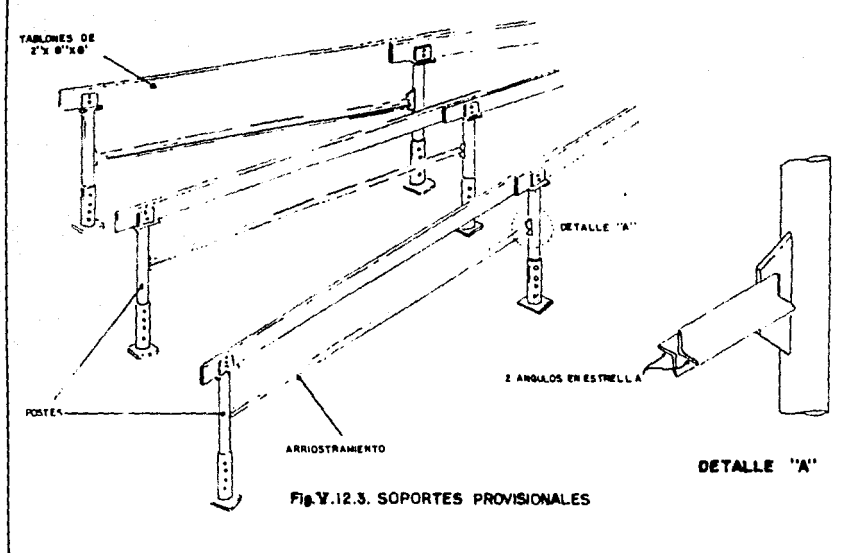


Fig.Y.12.3. SOPORTES PROVISIONALES

completa, los postes podrán ser instalados.

b.- Entonces las placa de la base podrá ser situada debajo de la columna de soporte y por consiguiente soldadas.

c.- Los soportes provisionales podrán ser removidos uno por uno desde el centro del tanque.

d.- Después que el estado de las placas del fondo sea revisado con la prueba de llenado de agua y antes que el agua dentro del tanque sea drenada, deberá llevarse a cabo el ajuste necesario para las columnas de soporte.

e.- El anillo de sello de las columnas de soporte podrá ser unido cuando el ajuste descrito en el paso anterior se haya llevado a cabo.

Las elevaciones de las columnas de soporte son ajustadas de modo que el diafragma se tienda plano sin pendientes.

En la Fig. V.12.4 se muestra la forma de una columna de soporte.

#### **V.12.5.- Erección de la Escalera del Techo**

La escalera de rodillos podrá ser fabricada fuera del tanque y será instalada una vez que hayan sido colocados los rieles sobre el techo flotante.

#### **V.12.6.- Erección del Poste de Medición y el Poste Anti-rotacional**

El poste de medición y el poste anti-rotacional podrán ser fabricados en el terreno y serán instalados antes que sea realizada la prueba de llenado de agua (Prueba Hidrostática).

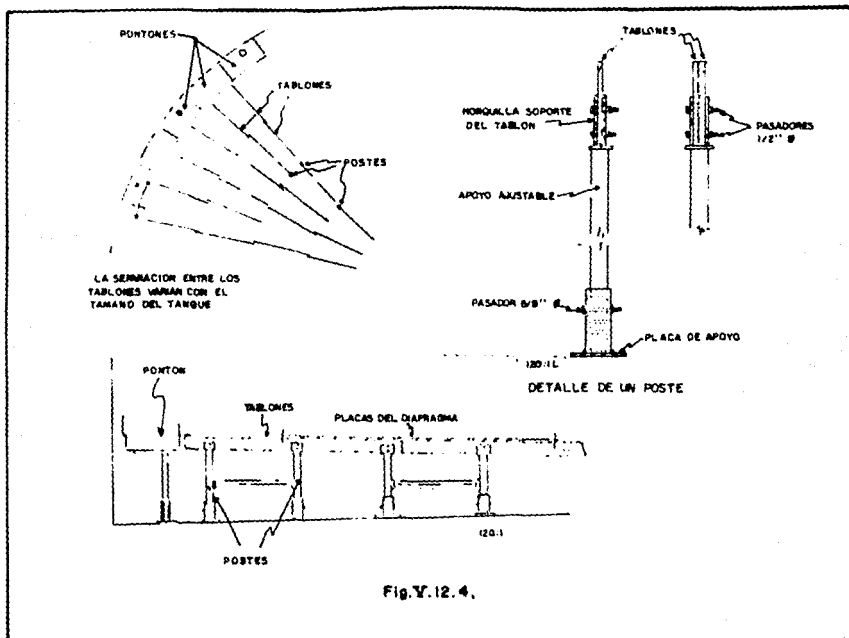
#### **V.13.- ERECCION DEL TECHO CONICO (FIJO)**

En un tanque de techo fijo una vez que se terminó de armar el último anillo se suelda a él un anillo de coronamiento el cual consiste en un ángulo de 2.5" X 2.5" X 0.25".

La secuencia de erección del techo cónico fijo puede ser como se muestra en la Fig. V.13.a.

En el centro del tanque va una columna central (tubería) con una altura mayor a la altura total del tanque, este exceso es para que se alcance la inclinación deseada del techo.

Una vez que se tiene la columna central se empieza a colocar las vigas, las cuales van del anillo de coronamiento a la columna central. La separación entre viga y viga debe ser de 1.91 mts como



### ERECCIÓN DE TECHO CÓNICO

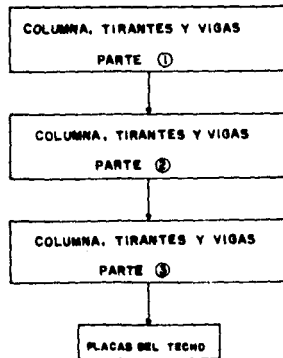
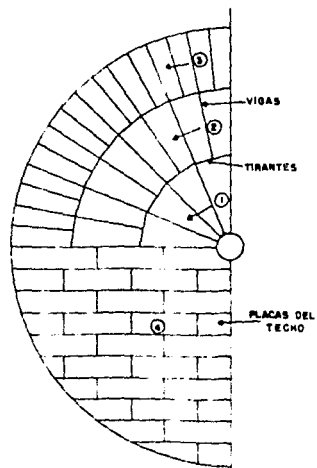


Fig. V. 13. e.

### ERECCION DEL TECHO CONICO

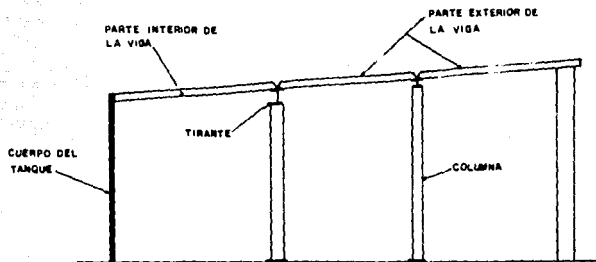


Fig. V. 13. b

máximo (depende del diámetro del tanque).

Después que ya se colocaron todas las vigas se instalan los atiesadores o tirantes de éstas. Los cuales consisten en una coiled rolled (redondo). Ver Fig.V.13.b.

#### **V.13.i.- Montaje de las placas del Techo**

El montaje de las placas del techo cónico se empieza desde el centro y es muy parecido al tendido de las Placas del fondo.

Las placas del techo cerca del ángulo de remate podrán ser cortadas, después de que hayan sido marcadas las líneas, a cortar con equipo de corte oxi-acetileno o cualquier otro método.

## CAPITULO VI

### PRUEBAS, INSPECCION Y MANTENIMIENTO

#### VI.1.- PRUEBAS

Una vez que se ha terminado la construcción del tanque de almacenamiento, es importante hacerle pruebas a sus elementos para que éste pueda entrar en funcionamiento. Por lo tanto, se realizan pruebas al fondo, al cuerpo y al techo.

##### VI.1.1.- PRUEBAS DEL FONDO

Para realizar la prueba del fondo del tanque es necesario formar una represa alrededor del tanque, construyendo para ello un dique de tabique, con apoyo en la saliente del anillo de cimentación o sobre la ménsula en la corona del mismo. La represa se llenará de agua hasta alcanzar un nivel de aproximadamente 15 cm arriba de la placa del fondo. Dentro del tanque, en el centro del fondo, se deberá contar con una conexión formada por un cople, una válvula de globo y un manómetro, para inyección de aire entre la placa del fondo y el firme del terreno. Las fugas podrán detectarse mediante aplicación de jabonadura, aceite de linaza o cualquier otro material adecuado. La Presión del aire no deberá exceder de 300 Gr/cm<sup>2</sup>.

Existe otro método con el cual se puede probar el fondo, el cual consiste en la aplicación de vacío a las juntas soldadas, con el equipo adecuado y vigilando si se presenta rompimiento al vacío.

##### VI.1.2.- PRUEBAS DEL CUERPO

Una vez que se haya terminado la construcción total del tanque y antes de que se proceda a realizar las conexiones externas de tubería deberá realizarse la prueba del cuerpo. Primero se realizará una limpieza al interior del tanque y después de esto, se llenará éste con agua a una temperatura ambiente, teniéndose la precaución de contar con el suficiente venteo. Durante la operación de llenado se inspeccionarán las soldaduras, las conexiones y se vigilará sobre asentamiento. Cuando se presente un asentamiento imprevisto, se suspenderá el llenado y deberá localizarse el problema. Para tanques cerrados, el llenado será hasta un nivel de 5.0 cm arriba de la parte superior del último anillo. El tanque lleno de agua, se mantendrá en esas condiciones, un mínimo de 72 horas.



En el caso de que no se cuente con agua suficiente para realizar la prueba anterior, se podrá realizar la prueba por alguno de los procedimientos siguientes:

- a).- Aplicación de alguna pintura o aceite, altamente penetrantes, a las juntas soldadas interiores y examinando cuidadosamente dichas juntas, exteriormente.
- b).- Aplicación de vacío a las juntas soldadas.
- c).- Aplicación de presión interna mediante aire.
- d).- Alguna combinación de los tres procedimientos anteriores (a,b y c).

#### **VI.1.3.- PRUEBAS DEL TECHO**

Una vez que la prueba del cuerpo haya finalizado y haya sido aceptada se procederá a realizar la prueba del techo. Se inyectará aire y se mantendrá una presión no mayor de 400 Gr/cm<sup>2</sup>. Mediante la aplicación de jabonadura, aceite de linaza o cualquier otro material adecuado podrán ser detectadas las fugas. La inyección de aire deberá vigilarse cuidadosamente para evitar sobrepresiones. La operación se puede realizar antes del vaciado total del tanque, fijando el nivel del agua hasta aproximadamente 50 cm abajo de la parte superior del último anillo y efectuando la inyección de aire por alguna de las conexiones del techo.

La otra forma de realizar la prueba del techo es mediante la aplicación de vacío a las juntas soldadas exteriores.

Cuando el tanque es de techo flotante se deberá someter el techo a una prueba de flotación sobre agua revisando:

- a).- Fuga de pontones.
- b).- Inclinación del techo.
- c).- Si el techo tiene rotación.
- d).- Separación del sello de la pared del tanque.
- e).- Si existe rozamiento con la pared del tanque.
- f).- Si existen fugas en el diafragma.

#### **VI.1.3.1.- PRUEBA DE PONTONES**

Esta prueba se realiza inyectando aire al pontón a una presión no mayor de 2 pulgadas de agua, detectando la posibilidad de fugas por medio de jabonadura, observándose por abajo del pontón y por los pontones que lo rodean.

## **VI.2.- INSPECCION**

Es importante y necesario realizarle a los tanques de almacenamiento una inspección periódica para determinar sus condiciones físicas, externas o internas, su grado de deterioro y las causas que originaron el mismo, ya que conociendo dichas causas se podrán determinar las medidas adecuadas para reducir la posibilidad de un incendio, así como prevenir daños posteriores y mantenerlos en condiciones seguras de operación.

Existen dos tipos de inspecciones:

- I.- Inspección Externa.
- II.- Inspección Interna.

### **VI.2.1.- INSPECCION INTERNA**

A).- Periodo para la inspección externa.- A todos los tanques de almacenamiento que estén en operación, se les deberá realizar una inspección completa cada año como mínimo.

A los tanques de techo flotante se les deberá realizar una inspección de todos los componentes del techo cada 6 meses como mínimo.

B).- Calibración Ultrasonica.- Se deberán calibrar los tanques de almacenamiento ultrasónicamente de acuerdo al procedimiento de calibración preventiva de líneas y equipos.

C).- Revisión Ocular.- Se deberán inspeccionar las placas del cuerpo y del techo, soldaduras y boquillas en busca de defectos como: zonas deformadas, fracturas, fugas, zonas corroídas, etc.

D).- Revisión del estado de escaleras de acceso al techo incluyendo Plataformas y barandales.

E).- Revisión de la cimentación del tanque en busca de fracturas y asentamientos.

F).- Revisión de las conexiones a tierra.

G).- Revisión del estado de la pintura.

H).- Revisión del aislamiento térmico, en caso de contar con él.

I).- Revisión de las válvulas de presión-vacío y arrestadores de flama.

J).- Revisión del estado de la instrumentación, alarmas y medición de nivel, etc.

Esta inspección y revisión deberá completarse con una inspección preventiva de riesgos en la que incluya: muros de

contaminación, drenajes, protección contra incendio.

Quando el tanque cuenta con un techo flotante se deberá revisar lo siguiente:

- a).- Estado del sello en busca de roturas y/o fracturas, desalineamientos y otras anomalías.
- b).- Revisión interna de pontones en busca de fugas y/o explosividad.
- c).- Posición de las patas de soporte, éstas deberán estar en la posición de operación, es decir, la cúpula deberá bajar lo máximo posible sin rebasar las líneas de recibo o succión o cualquier otro aditamento como: agitadores, medidores de nivel (toma inferior), etc., que pudieran dañar el sello o derramar producto sobre el techo flotante.
- d).- Estado del drene de la cúpula.- Se deberá revisar su estado de limpieza verificando esté libre de obstrucciones, esté abierto y no tenga fugas.
- e).- Estado de la barra antirrotación, se deberá revisar verificando su verticalidad, corrosión y estado de sello.

#### **VI.2.2.- INSPECCION INTERNA**

Este tipo de inspección se realiza una vez que el tanque haya sido vaciado, purgado, neutralizado, aislado (incluyendo drenajes) y vaporizado.

Se deben realizar trabajos preliminares de pruebas de explosividad y toxicidad, hasta que el resultado de las pruebas sea negativo.

Deberá ser suficiente la limpieza para permitir una buena inspección en todas las partes internas, láminas de fondo, cuerpo y techo.

También se deberá contar con alumbrado suficiente para permitir una buena inspección.

#### **INSPECCION**

A).- Se deberá revisar ocularmente el estado de las placas por el interior del tanque buscando: deformaciones, fracturas, zonas con corrosión, debiéndose registrar el tipo, localización y magnitud del daño observado.

B).- Dependiendo de las características del tanque y del producto almacenado, deberán revisarse con mayor detalle las zonas del tanque con más probabilidad de defectos localizados en: áreas dañadas en el fondo del tanque, áreas dañadas en cada uno de los anillos, áreas dañadas en soportería del techo y en todas las

boquillas.

C).- Deberá calibrarse ultrasónicamente el fondo completamente, ya que es la única oportunidad de conocer el desgaste del mismo.

D).- Inspección de soldaduras.- En la inspección de las soldaduras se deberá hacer una revisión ocular y observar su estado físico en todas las áreas del tanque como: uniones de placas, uniones del fondo y cuerpo, uniones de cuerpo y techo, buscando defectos como zonas de corrosión, desgaste, poros, fisuras, etc. Para obtener más datos sobre posibles fallas en las soldaduras, se deberán utilizar técnicas no destructivas, tales como: radiografías, ultrasonido, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, etc.

E).- Inspección en boquillas y conexiones.- Deberán revisarse ocularmente todas las boquillas y conexiones del tanque con el fin de localizar zonas con defectos, tales como: corrosión, picaduras, erosión, verificando además que estén libres de obstrucciones. Deberán calibrarse ultrasónicamente también todas las boquillas y conexiones.

F).- Inspección en niplaría.- Deberán revisarse interior y exteriormente la niplaría, revisando que esté dentro de norma y midiendo su espesor.

G).- Inspección de estructuras internas.- Se deberá revisar el estado físico de la estructura interna, tal como soporte del techo fijo, patas, soporte del techo flotante, guías, etc. Buscar defectos como: deformaciones, zonas corroídas, etc.

H).- Inspección de dispositivos de calentamiento.- Se deberán revisar ocularmente y a martillo el estado físico de la tubería y conexiones de los serpentines de calentamiento, buscando zonas delgadas, corrosión externa, zonas deformadas, soldaduras fracturadas, etc.

I).- Inspección de accesorios del tanque.- Se deberá realizar una revisión ocular de todos los accesorios del tanque, tales como: agitadores, flotadores, válvulas rompedoras de vacío, protección con ánodos, drenes, tomas de presión, mangueras de drenaje, válvulas de entrada de espuma, mecanismo de contrapeso, etc. Buscando defectos que pudieran ocasionar un mal funcionamiento de ellos.

J).- Inspección del recubrimiento anticorrosivo.- Se deberá revisar ocularmente el estado físico del recubrimiento interno, buscando defectos, tales como: fisuras, poros, zonas de desprendimiento, debiéndose revisar con más detalle las zonas donde se localicen defectos, auxiliándose con detectores de falla.

### VI.3.- MANTENIMIENTO

Los hidrocarburos así como las diferentes sustancias químicas que generalmente son almacenadas en los tanques, tienen diferentes propiedades físicas, químicas y toxicológicas que debemos conocer y de acuerdo con ello, tomar las precauciones necesarias para minimizar el riesgo potencial de que ocurra un incidente al efectuar trabajos de limpieza, mantenimiento e inspección de los tanques que almacenan estos productos. El hecho de que los productos contenidos en los tanques sean inflamables, caústicos y/o tóxicos, hace que los trabajos de mantenimiento en estos equipos deban planearse y programarse con las medidas correctas de seguridad.

La primera acción a efectuar será sacar de operación el tanque, cerrando las Válvulas o machos de la línea de carga, enseguida se procederá a extraer con las bombas de succión, la mayor cantidad posible del producto, y después por medio de la toma más baja del tanque vaciarlo hasta el mínimo nivel. Una vez bloqueadas las válvulas de las líneas de entrada y salida del producto, deberá aislarse con juntas ciegas o tapas, las cuales deberán ser del material y espesor adecuados para resistir la presión máxima que pueda aplicarse a las líneas bloqueadas.

Después de colocadas las juntas o tapas ciegas y las demás programadas para aislar el tanque, y efectuando el drenado, se procede a la vaporización del equipo inyectando vapor de agua de baja presión 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> procurando que la conexión de entrada quede situada en la parte baja, lo más cerca posible del fondo y sacándolo por el registro superior para una mejor vaporización, durante el número de horas que el volumen y configuración del tanque establezca. Terminada la vaporización, se suspende la entrada de vapor, se purga el condensado y se procede a inyectar niebla de agua de C.I. a través del registro superior, sacando el agua por la purga de fondos.

Generalmente se habrá vaporizado hasta que la prueba de explosividad haya dado resultados negativos y se hayan abierto todos los registros superiores e inferiores en ese orden para permitir su ventilación y el acceso a su interior.

En resumen, antes de proceder a la limpieza y reparación del tanque, este deberá estar fuera de operación, aislado y vaporizado, y el resultado de la prueba de explosividad negativa.

Las pruebas de gas deben hacerse de tal manera que se tome una muestra representativa a través del explosímetro de gases en el interior del tanque, principalmente en horas en que exista mayor temperatura ambiental.

Por otra parte debe verificarse que los sedimentos y cascarilla ya no desprendan gases inflamables al ser removidos.

Si es necesario entrar al interior del tanque para hacer la prueba de gas, deben tomarse todas las precauciones para que el personal que se introduzca lleve equipo de protección personal de acuerdo con el servicio del tanque.

Siempre que haya una o más personas en el interior del tanque

deberá haber al menos una persona con el equipo de seguridad necesario en el exterior cuya única misión será la de vigilar que todas las disposiciones de seguridad se cumplan y la de prestar ayuda (cuando se requiera) a los trabajadores que se encuentren en el interior del tanque.

Se podrá trabajar sin equipo de protección respiratoria, por periodos hasta de 8 horas, cuando se registren con el explosímetro pruebas de explosividad negativas y en ausencia de gases tóxicos.

En los casos en que no hay gases explosivos, pero existe contaminación con otras sustancias se deberá usar máscaras con alimentación externa de aire o máscaras con cilindros de aire, cuando se usan cajas de aire forzado para alimentar estas máscaras, la caja debe colocarse en un sitio bien ventilado y a favor de la dirección del viento para tener la certeza de que se está alimentando aire fresco. Todas las personas que trabajen en estas condiciones deberán usar un arnés o un cinturón de seguridad, unido a una cuerda de suficiente longitud y resistencia, y cuyo extremo esté en el exterior del tanque, para permitir su salvamento en caso de accidente. Bajo ninguna circunstancia debe entrar persona alguna al interior del tanque para rescatar a otra, sin ir provista de cinturón de seguridad o sin haber tomado las debidas precauciones para no respirar directamente la atmósfera contaminada que pudiera existir en el interior. Si llegar a ser necesaria una labor de rescate, por lo menos otra persona más deberá quedar fuera del tanque.

Si se llega a observar algún desprendimiento considerable de gas al ser removidos los sedimentos en el interior del tanque, o por cualquier otra causa, deberá suspenderse de inmediato el trabajo y se debe proceder a vaporizar de nuevo el tanque hasta que la atmósfera se vuelva inerte y se hagan de nuevo y periódicamente pruebas de explosividad, de contaminantes y de oxígeno, si es requerido.

Si es necesario la utilización de fuego en los trabajos a realizar en el interior del tanque, además de la prueba de explosividad, se deberá verificar que no haya hidrocarburos atrapados en las columnas tubulares, debajo del fondo, en los pontones si es techo flotante.

Resumiendo, si se detecta mezcla inflamable en el interior del tanque, estará terminantemente prohibida la entrada hasta que el resultado de la prueba de explosividad sea negativa. En base a análisis técnicos realizados sobre los accidentes en tanques de almacenamiento, se ha observado que éstos ocurren generalmente en áreas en donde se manejan productos inflamables, en las cuales es fácil encontrar atmósferas con vapores de éstos productos, que al mezclarse con el aire puedan ser explosivos. Existen diferentes fuentes de ignición relacionadas con este tipo de accidentes las cuales están sujetas también a diferentes factores.

Una de las fuentes de ignición es la calefacción y el empleo de instalaciones eléctricas durante la realización de los trabajos de limpieza y reparación de los tanques de almacenamiento. Por lo tanto no se deberán utilizar extensiones eléctricas improvisadas,

inadecuadas o defectuosas, que no sean a prueba de explosión.

Todas las extensiones eléctricas que se utilicen durante la limpieza de los tanques de almacenamiento deberán ser a prueba de explosión, construidas por fabricantes autorizados y estar garantizadas mediante un sello colocado en ellas. Dichas extensiones se deben construir utilizando un enchufe adecuado para este tipo de trabajos, cable blindado o cable para uso rudo y una lámpara del tipo a prueba de explosión.

Al efectuar el mantenimiento de un tanque, la instalación eléctrica que se utilice deberá alimentar exclusivamente a un tanque y no tener derivaciones a varios tanques.

Las instalaciones eléctricas que se coloquen para facilitar las labores de limpieza y reparación de los tanques de almacenamiento, deberán quedar desconectadas siempre durante los periodos en que se interrumpa el trabajo.

De acuerdo con la electricidad estática, las precauciones que se deben tomar en cuenta son las siguientes: tanto la manguera de agua de alta presión, la manguera de vapor en los ventiladores tipo venturi y en general cualquier equipo, deben conectarse eléctricamente y correctamente a tierra.

A continuación se presentan algunos consejos prácticos que pueden ser aplicados en los trabajos de mantenimiento a tanques de almacenamiento:

- 1.- Se deben hacer las pruebas de explosividad y toxicidad varias veces al día o las que se juzguen convenientes.
- 2.- Se debe recomendar al soldador que cuando encienda su soplete lo haga de inmediato, de preferencia lo encienda fuera del tanque y también que revise sus mangueras y válvulas.
- 3.- Se debe evitar dejar abiertas las válvulas del recipiente de butano u oxiacetileno para que no contaminen los tanques.
- 4.- Desconectar las líneas de purga y conectar tapas ciegas.
- 5.- Se debe evitar tomar alimentos dentro o alrededor de los tanques.
- 6.- No se debe fumar dentro o cerca de los tanques de almacenamiento, ni llevar cerillos o encendedores con butano, excepto la chispa para prender los sopletes.
- 7.- Se debe evitar introducir al tanque botes, botellas o estopas con hidrocarburos.
- 8.- Se deberán construir adecuadamente y con brevedad todos los andamios que sean necesarios para los trabajos de altura, calibración, pintura, mantenimiento, etc.
- 9.- Se deben utilizar escaleras, cables, herramienta, cinturones de seguridad y cables de vida en buen estado.

10.- Se recomienda que cuando se desmantele un tanque se haga en la secuencia correcta para evitar que salgan disparados: materiales, placas o personal, al hacer los cortes que provoquen disparos de catapulta.

11.- Se deberá revisar que antes de entregar el tanque a operación estén instaladas :

a).- Las válvulas de presión-vacío.

b).- El sistema contraincendio ( cámaras de espuma, líneas, anillos de enfriamiento).

c).- Líneas y válvulas de purga.

d).- Retiradas todas las tapas y juntas ciegas que se hayan instalado.

e).- Las tierras del tanque, las cuales deberán estar completas y conectadas eléctricamente a tierra.

12.- Se deben realizar las pruebas de radiografía, líquidos penetrantes, neumáticas e hidrostática correspondientes.



## CONCLUSIONES

1.- El almacenamiento es y seguirá siendo una actividad importante en el transporte y manejo de los hidrocarburos; por lo tanto, la localización y el diseño de instalaciones para dicho fin es muy importante en la Industria Petrolera.

2.- Los tanques de almacenamiento se diseñan y construyen de acuerdo con las características de los productos que en ellos se van a almacenar.

3.- Los tanques a Presión Horizontales y Verticales generalmente son utilizados como recipientes de balance y como recipientes para separar mezclas vapor-liquido y liquido-liquido.

Los tanques Esféricos son utilizados para almacenar hidrocarburos muy volátiles.

Los diferentes tanques cilindricos verticales son utilizados para almacenar hidrocarburos estabilizados.

4.- En la Industria Petrolera los tanques más utilizados son: los tanques de techo fijo y los tanques de techo flotante, siendo los tanques de techo flotante los más efectivos, por eliminar la acumulación de vapores y así, evitar un represionamiento del tanque.

5.- Las proporciones óptimas de las dimensiones de un tanque de almacenamiento son influenciadas de manera general por el costo de sus componentes principales: cuerpo, fondo, techo y su cimentación. De la precisión del cálculo del costo de estos componentes, dependerá el poder definir lo óptimo.

6.- El fondo del tanque deberá construirse con un número mínimo de piezas (placas) y cuando sea posible se hará de una sola pieza.

En relación al cuerpo del tanque, se muestra el procedimiento de diseño, el cual sigue las especificaciones de la Norma A.P.I 650. También se muestran las tablas para el cálculo del espesor del cuerpo, las cuales se incluyen únicamente para que el diseñador se de una idea y las mismas no relevan la responsabilidad de realizar el cálculo del espesor siguiendo el procedimiento de diseño antes mencionado.

El techo del tanque se diseña para soportar diversos

esfuerzos como son: tensión, compresión, flexión y cortante.

7.- El montaje es una de las operaciones importantes en la construcción del tanque, ya que si no se sigue un buen procedimiento de montaje del tanque, este presentará fallas al momento de realizar las pruebas finales a los componentes del mismo.

8.- Una vez que el tanque se ha terminado de construir, es muy importante realizar las pruebas convenientes del fondo, cuerpo y techo para verificar que el tanque no presenta fallas y se encuentra en condiciones óptimas para entrar en funcionamiento.

9.- Es importante y necesario realizarle a los tanques de almacenamiento una inspección periódica para determinar sus condiciones físicas, externas o internas, su grado de deterioro y las causas que originaron el mismo, ya que conociendo dichas causas se podrán prevenir daños posteriores y mantenerlos en condiciones seguras de operación.

Por lo tanto la inspección y el mantenimiento son trabajos importantes una vez que un tanque de almacenamiento ha estado en operación, para evitar pérdidas materiales y humanas.

10.- Los tanques de almacenamiento deben existir en los sitios de embarque o en las refinerías. Existen en la Industria Petrolera instalaciones con capacidad de almacenamiento de millones de barriles de aceite. El aceite almacenado de este modo tiene una influencia benéfica para compensar fluctuaciones de estación y de otras clases en el abastecimiento y en la demanda. Por lo tanto el almacenamiento de aceite es de gran importancia económica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- PEMEX, " Diseño de Tanques Atmosféricos Norma No.2.612.04 ",  
Petróleos Mexicanos (1979).
- 2.- PEMEX, " Diseño de Recipientes a Presión Norma No.2.612.01 ",  
Petróleos Mexicanos (1975).
- 3.- I.M.P., " Apuntes del Seminario Sobre Tanques de Almacena-  
miento ", Instituto Mexicano del Petróleo (1989).
- 4.- PEMEX, " Manual de Montaje de Tanques Atmosféricos ",  
Petróleos Mexicanos (1986).
- 5.- Lester Charles Uren, "Ingeniería de Producción del Petróleo",  
McGraw Hill (1965).
- 6.- I.M.P., " Diseño de Recipientes a Presión ",  
Instituto Mexicano del Petróleo (1990).
- 7.- J.A. Gómez Cabrera, F. Becerril Cardenas, L. Flores Sánchez,  
" Manejo de la Producción en la Superficie", Fac. de  
Ingeniería, U.N.A.M. (1987).
- 8.- A.P.I. Standard 620, " Recommended Rules for Design and  
Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks",  
American Petroleum Institute (1975).
- 9.- Lloyd E. Brownell & Edwin H. Young, " Equipment Design",  
McGraw Hill.
- 10.- A.P.I. Standard 650, " Welded Steel Tanks for Oil Storage ",  
American Petroleum Institute (1975).
- 11.- A.P.I. Boletín No.- 26,28 y 29, " Tanques de Almacenamiento  
Atmosferico ", American Petroleum Institute.
- 12.- A.S.M.E., " Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII ",  
Pressure Vessels Division 1 (1980).
- 13.- A.S.M.E., " Boiler and Pressure Vessel Code Section VIII ",  
Pressure Vessels Division 2 (Alternative Rules) (1980).
- 14.- PEMEX, " Dictamen Normativo Sobre Especificaciones de Diseño  
para Tanques Atmosféricos de Almacenamiento ", Petróleos  
Mexicanos (1989).

15. - Kawasaki Heavy Industries, " Standard Erection Procedure for Spherical Pressure Vessels ", Noda Works, Japan.
16. - Kawasaki Heavy Industries, " Standard Erection Procedure for Floating Roof Tanks and Other Tanks ", Noda Works, Japan.
17. - Kawasaki Heavy Industries, " Standard Welding Procedure ", Noda Works, Japan.
18. - Kawasaki Heavy Industries, " Quality Control and Inspection Procedure ", Noda Works, Japan.