

Nº 70
REV.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA LA OBRA
CIVIL Y MONTAJE DE UN TANQUE DE CUPULA
FLOTANTE PARA 500,000 BARRILES.

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

presenta

CARLOS ARMANDO LOPEZ LAJUD



México, D. F.

1992

TESIS CON
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.

I N D I C E .

	Pag.
1.- INTRODUCCION	1
1.1.- Antecedentes	3
1.2.- Sellos	5
2.- SISTEMA DE CUPULA FLOTANTE	9
2.1.- Estudio del tk de 500,000 Bls. Techo Flotante	15
3.- ESPECIFICACIONES	18
3.1.- Tolerancia de Manufactura	19
3.2.- Pruebas, reparaciones e Insta- laciones	21
4.- PRESUPUESTO Y PRECIO UNITARIO	24
5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	28
5.1.- Cimentación, revisión y Trazos	28
5.2.- Fondo	33
5.3.- Erección de la Envolvente	44
5.4.- Montaje del Techo Flotante	59
5.5.- Instalación del Tubo Sello	65
5.6.- Instalación de Accesorios	70
6.- PROGRAMA DE OBRA	73
7.- CONTROLES	74
8.- CONCLUSIONES	79
9.- BIBLIOGRAFIA	82

1.- INTRODUCCION

La Cuenca del Pacífico se encuentra localizada en una zona estratégica para el desarrollo de la economía mexicana, - pues en esta región destacan varias actividades económicas como la industria pesada de Lázaro Cárdenas, Mich., el turismo que cuenta con numerosos centros de importancia internacional, la generación de energía eléctrica (aproximadamente el 35% del total nacional), así como una infraestructura carretera, portuaria y aérea.

Toda esta actividad implica necesariamente el consumo de grandes volúmenes de hidrocarburos y sus derivados y un ritmo creciente en la demanda de estos productos.

Debido a lo anterior se plantea la forma de reforzar la posición de México en el mercado internacional de hidrocarburos y de crear la infraestructura necesaria para - asegurar el abasto de los energéticos y materia prima requeridos para el estricto cumplimiento de los compromisos de exportación que deben cubrirse por vía de la Cuenca del Pacífico.

En consecuencia de lo anterior surge el Proyecto Petrolero del Pacífico, el cual contempla un conjunto de obras, algunas de ellas no iniciadas y otras ejecutadas parcialmente; todas ellas conformando un proyecto para entregar a su oportuna operación las instalaciones requeridas.

Con el propósito de tener una idea clara de la naturaleza y alcance del Proyecto Petrolero del Pacífico, y aunque las obras comprendidas en el mismo son múltiples, variadas y de muy diversa índole, es conveniente señalar sus componentes más significativos.

Dicho proyecto incluye entre sus obras relevantes, la - construcción del almacenamiento subterráneo para 10 millones de barriles en Tuzandepetl, Ver., un oleoducto de 48 pulgadas de diámetro y 265 kms. de longitud a través del Istmo de Tehuantepec; la construcción de la segunda fase en la Refinería de Salina Cruz, Oax. y el complejo de amoníaco en Lázaro Cárdenas, Mich., entre otras.

Este conjunto de obras comprende igualmente la construcción de 10 tanques de 500 mil barriles cada uno para ampliar en cinco millones de barriles la capacidad de almacenamiento de crudo en Salina Cruz, Oax.

Con estas obras se garantiza la disponibilidad adecuada de crudo en sus dos tipos, productos destilados, como gasolina, turbinas, diesel y combustóleo, generando incluso excedentes exportables y reduciendo al máximo el cabotaje empleado.

El crudo terrestre y marítimo recibido en la terminal, se almacena en tanques atmosféricos verticales, de sección circular, provistos de techos de cúpula flotante. Este tipo de techo actúa como pistón dentro de la pared envolvente. Los tanques de cúpula flotante no permiten que la superficie del producto almacenado quede en contacto directo con la atmósfera, reduciendo al mínimo su evaporación. Al eliminarse prácticamente la evaporación, las pérdidas y la existencia de atmósferas explosivas son escasas.

Las pérdidas de los vapores de hidrocarburos a la atmósfera son de importancia por tres razones: PRIMERO, el valor del producto que se evapora está constantemente aumentando en el mercado. SEGUNDO, esos hidrocarburos hacen una oxidación fotoquímica que es arrojada al medio ambiente y lo contamina y TERCERO, el peligro continuo de incendio.

1.1.- ANTECEDENTES

Obviamente, el mundo es fuertemente dependiente de los hidrocarburos como fuente de combustible o como la base de varias sustancias sintéticas usadas por la sociedad. En muchos casos, son petróleos crudos o gas natural que son bombeados desde abajo de la superficie terrestre. Ambos productos, ya sea los crudos o los refinados, son almacenados en tanques de diverso tipo dependiendo de las propiedades de los productos y otras consideraciones como: seguridad, especificaciones, etc.

La industria usa básicamente tres tipos de tanques según el tipo de cubierta que tenga:

- De techo Fijo
- De techo Interno Flotante
- De techo Cúpula Flotante

En el tipo de tanques de techo fijo, el producto se almacena en tanques cilíndricos de fondo plano, estando soportado el techo por columnas. El producto en la superficie se encuentra al descubierto dentro del tanque y el espacio por encima del líquido es usualmente aire que sale por las ventilas en el techo.

En la medida que el nivel del producto cambia, el volumen de aire se incrementa o decrece de modo que no se presenta presión o vacío en el techo. Se agregan varias entradas para permitir el acceso del personal dentro y fuera del tanque, cambiar el volumen del producto, etc. Estos tanques pueden variar de tamaño dentro de un amplio rango. La altura de los tanques usualmente varía entre 32 y 64 pies (ft). El diámetro puede ser tan pequeño como de 20 pies (ft) o tan largo como 300 pies (ft) o más.

El otro estilo del tanque es el de techo interno flotante. Este tipo de tanque es muy similar al de techo fijo, de cualquier manera, un techo interno flota en la superficie del producto. Por cubrir el techo totalmente la superficie, no hay evaporación.

El espacio por encima del techo flotante está lleno de aire en muchos de los casos. La ventilación del techo está diseñada primordialmente con sellos de viento localizados en la parte superior del lado de la pared o en la unión de muro-techo. Todas estas ventilaciones trabajan en conjunto para amortiguar los cambios en el volumen del producto almacenado.

Adicionalmente al localizar las ventilaciones de acuerdo con la experiencia de la industria, un constante flujo de aire fresco pasa a través del tanque debido a la existencia de viento y cambios de temperatura.

Varios diseños existen para los techos flotantes. El diseño más viejo utiliza una cúpula de acero que flota sobre el producto como un bote flota sobre el agua, por desplazamiento. La cúpula consiste en un fondo plano de acero con un borde erguido perimetralmente, el cual a su vez soporta un borde sellado. Todo el fondo se encuentra en contacto directo con el líquido. La flotación puede ser mejorada al añadir grandes volúmenes a la superficie exterior de tal modo que si una ruptura o fuga ocurre, el techo no se hundirá totalmente.

Alternativamente, varios diseños existen patentados de los techos internamente flotantes. Frecuentemente, aluminio es colocado por debajo de la cubierta. En este caso existe un vacío entre la cubierta y la superficie del líquido el cual es llenado por aire. En cualquiera de estos casos el principio de que la superficie del líquido esté cubierta permanece.

Como las paredes del tanque son cilíndricas, se proporciona un sello entre el techo flotante y la pared, dentro o por encima de un espacio que hay en el borde cuyo ancho es aproximadamente de 6 pulgadas. De estos sellos hay varios diseños patentados de los cuales hablaremos más adelante.

Estos tanques existen en las mismas dimensiones que los tanques de techo fijo. De hecho, muchos tanques de techo fijo han sido convertidos a este tipo de tanques, considerando la tasa de pérdida por evaporación se ha elevado en los años recientes..

El tanque de cúpula flotante, es el tercer estilo de tanques usado para almacenamiento de líquidos. Como los dos tipos de tanques tiene también fondo plano y paredes cilíndricas, pero está abierto por la parte superior y usa un techo flotante en contacto con el producto.

Muchos estilos de cúpulas flotantes son usadas todas de construcción de acero y una serie de compartimientos sellados de tal modo que sean esencialmente flotantes.

El techo pontón consiste en una cubierta simple central en contacto con la superficie del producto.

Un anillo con divisiones en compartimientos y anular provee la flotabilidad, soporta la cubierta y sirve para el montaje del borde sellado. Un mejoramiento muy común para este tipo de techos en tanques de gran diámetro, es agregar volúmenes de flotabilidad distribuidos sobre la superficie de la cubierta para darle soporte a la cubierta. Un segundo tipo, llamado 'techo de doble cubierta', consiste en dos membranas horizontales de acero, aproximadamente de 1-3" de separación entre ellas, sostenidas a base de postes de acero. La membrana inferior flota dentro del líquido.

El techo flotante superior debidamente diseñado, debe tener la suficiente capacidad para recolectar agua o nieve. Debido a este requerimiento, resulta una estructura mucho más substancial en el techo superior.

La selección del tipo de techo flotante requiere la evaluación de muchos factores, incluyendo el costado inicial y el costo de operación, las cualidades aislantes y la importancia de la flexibilidad de la estructura. El tipo de techo no influencia el promedio de la pérdida por evaporación.

La cubierta superior y la inferior tienen un número de accesorios similares, éste incluye cámaras de acceso, respiradores y brazos pedestales. Estos brazos son usados fuera del tanque, además se requieren los bordes sellados para aislar el espacio anular entre el techo flotante y la pared del tanque.

Es el paso de vapor a través de estos sellos lo que evita la evaporación.

1.2.- SELLOS

Mientras los techos flotantes tienen varios diseños, - los sistemas de sellos disponibles se adaptan a cada uno. Lo más notable de estos techos flotantes es la presencia de un espacio anular llamado 'El Espacio Sellado', entre el techo y el tanque.

La altura del espacio sellado se determina por una junta de la orilla del techo y es generalmente de 24 a 30".

El ancho es nominalmente de 6 a 8", pero esto varía, debido a las tolerancias de fabricación del techo y tanques y debido a los movimientos laterales del techo en relación con el tanque.

Los asentamientos del tanque pueden posteriormente producir deformaciones en el ancho del sellado; el sellador debe ajustar los espacios sellados con una variación de 3 hasta 13".

La función del sellado es minimizar la pérdida de hidrocarburos del espacio sellado. Para efectuar esta función se fija al techo flotante ajustándolo con el tanque.

En la selección del sellador la mayor parte le concierne a que también el sellador ocupa el espacio sellado, para evitar efecto de algún vacío o espacio de vapor que queden.

Los espacios de vapor que existen en ciertos tipos de sellado debajo de otros y entre el sellado y el tanque dependen de la calidad de la construcción y el grado de mantenimiento.

Los espacios de vapor juegan un papel de mayor importancia en las tasas de emisión.

La eliminación de los espacios de vapor reducen las emisiones.

Un espacio de vapor es una cavidad por donde existen mezclas de vapor y esto presenta un peligro de fuego por chispas en el borde. Variaciones barométricas y de temperatura causan un constante aire y cambios de vapor con la atmósfera. Reacciones químicas con el vapor de aire en el agua, nos conduce a ataques corrosivos a los componentes del sellador, así como a las paredes del tanque y del techo flotante. También son fuentes de aire del producto almacenado.

SELLADO DE LA ZAPATA

Se empezaron a usar en 1920. Existen variaciones. El sellado de la zapata consiste en una zapata de acero anular de 30 a 36" de altura vertical que es sostenida contra el tanque con un mecanismo de soporte. El mecanismo es fijado al tanque por el techo flotante y por zapatas corredizas contra el tanque.

Debido al espacio que se requiere por el mecanismo de soporte, hay un gran espacio anular entre la zapata y el techo

generalmente amarrado a la parte superior por un sellado de tecla y en el fondo por una superficie líquida.

La altura vertical del espacio de vapor varía de fabricante a fabricante. La orilla inferior de la zapata debe extender los vapores atrapados.

Las funciones del mecanismo de montaje deben de sostener la zapata en contacto con el tanque mientras el techo se mueve dentro del tanque. Al mismo tiempo, la fuerza con la cual la zapata es sostenida contra el tanque debe ser razonable, lo razonablemente baja para que la fricción no desgaste ni la zapata ni el tanque.

En 1950, un sellado flexible fue introducido, el cual tenía una banda elástica de desgaste que empuja contra el tanque a base de la presión del líquido. El líquido es básicamente agua querozeno u otro hidrocarburo de baja volatilidad y es preferiblemente contenido en un tubo dentro de la banda elástica de desgaste.

Esta banda es típicamente una junta de tela dentada de uso rudo, localizada hacia la parte superior externa de la periferia del pontón.

El tubo lleno de líquido está entonces entre el pontón y la banda elástica de desgaste. En estos sellos la parte baja es montada dentro del producto almacenado y no hay espacio para la formación de vapor.

Esto elimina muchos de los problemas de los espacios de vapor. En particular la posibilidad de fuego en el borde es grandemente reducido.

También como no hay espacio de vapor el porcentaje de corrosión y la importancia de la presión de aire, vapor de aire y vapor de agua por el producto almacenado, es minimizado.

Finalmente la ausencia de eslabones u otros dispositivos en el espacio anular, elimina ambas posibilidades de corrosión y fuego en el borde.

El sellador más reciente en el mercado, es un sellador de espuma.

Este sellador tiene algunas de las características del sellador líquido mencionado anteriormente. Está hecho con materiales elastoméricos y presenta una suave presión contra la pared del tanque. Varían los detalles con diferentes fabricantes, pero en general este sellador incluye una banda elástica de desgaste que es sostenida con un sellado de ajuste con el tanque por una fuerza compresurada de un bloque de espuma montado en

tre la banda elástica de desgaste y el techo. Este bloque de espuma es típicamente celda abierta de espuma que presiona fácilmente y vuelve a tomar su forma original.

2.- SISTEMA DE CUPULA FLOTANTE

El flotador externo más común es el pontón. Este tipo de techo flotante, consiste esencialmente de un solo diafragma o cubierta con un anillo (pontón) periférico. El objeto del pontón es proporcionar flotabilidad y el de resistir las distintas condiciones de carga.

Así pues, además de la flotabilidad requerida es necesario proporcionar al pontón anular la suficiente rigidez estructural para soportar las cargas radiales que ejerce el diafragma sobre el mismo. Debido a que estas cargas radiales originan una compresión en el flotador periférico, además de la tensión directamente ejercida, se debe tener en cuenta la estabilidad de este anillo de gran diámetro al que se considera apoyado sobre una función elástica.

El diseño de un techo flotante convencional (diafragma - sencillo y pontón anular periférico), parte del análisis de una membrana cargada uniformemente y un anillo perimetral sin desplazamiento vertical y con un desplazamiento controlado en la dirección radial.

En 1960 se hicieron diferentes pruebas de grandes tanques flotantes en Europa. Previos programas de prueba para techos menores de 60.96 mts. (200') de diámetro dieron excelentes resultados, pero algunas de las pruebas hechas en tanques de 60.96 mts., de 91.44 mts (200 a 300'), no fueron satisfactorias, puesto que hubo fallas de pandeo en el anillo del pontón.

La aparente inestabilidad de los techos, a niveles de - esfuerzos muy debajo del límite elástico del material, indican la necesidad de una revisión exhaustiva de los criterios de diseño ya establecidos. El incremento en la tecnología de la computación en los últimos años, ha suministrado un valioso auxiliar para la solución de los sistemas de ecuaciones planeadas que en otros tiempos no era posible resolver con algún grado de exactitud.

El techo flotante a base del pontón periférico, experimenta poco o ningún esfuerzo bajo condiciones normales de flotabilidad. Los esfuerzos se desarrollan cuando el diafragma se pandea con la carga de agua pluvial o cuando se tiene la condición de diafragma perforado. Los parámetros que determinan la carga crítica son: el diámetro del techo, el porcentaje de anillo del pontón y el peso especí-

fico del producto almacenado. Bajo la condición de diafragma perforado, la carga uniformemente distribuida es una constante y es igual al peso por unidad de área de la membrana de acero sumergida en el producto. Para la condición de techo inundado, que varía como una función del desplazamiento vertical, y su valor como una función del radio de la membrana.

Para la condición del diafragma perforado, se puede derivar una función fácil, puesto que (la carga) es conocido (pesos de la placa).

En la condición de techo inundado, la solución es más complicada debido a la distribución variable y numérica, eventualmente aproxima a la condición de equilibrio. El agua de lluvia de 254 mm. (10") puede o no puede llenar el área del diafragma flexionando, dependiendo del tamaño del techo, del área del pontón y del peso específico del producto. (Fig. 1).

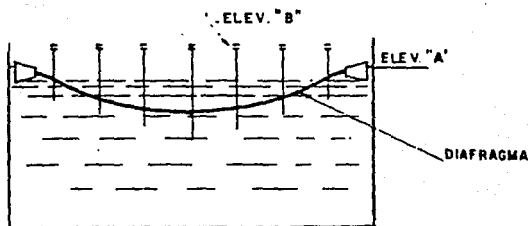


Fig. 1 - Condición de Techo Inundado

La deflexión total por la carga de agua deberá considerarse a lo largo del nivel del líquido del producto, para determinar la elevación correcta de los agujeros para los pasadores de los tubos de soporte. Esta elevación correcta impide que el producto se derrame en el diafragma a través de los techos. La flecha por deflexión de la cubierta del techo puede variar desde unas cuantas pulgadas hasta algunos pies.

La magnitud de esta flecha en techos muy grandes, 10.96 mts. (200") a 91.44 mts. (300") puede originar problemas de operación. Una deflexión considerable permite a los tubos de soporte apoyarse en el fondo del tanque, mientras que el techo está aún flotando a una elevación superior, provocando con esto un mayor peligro de daños al techo.

Los grandes diafragmas sencillos abiertos pueden oscilarse con vientos dominantes (60 a 70 kms./hora o más) de gran duración (algunas semanas o meses) y pueden elevar el patrón de vibración que puede fatigar el material del techo. Este problema puede ser atenuado por varios métodos entre los cuales podemos incluir mayor peso del diafragma o atiesado del mismo.

El pontón anular puede ser diseñado con varias configuraciones. Una aproximación al diseño común, incluye continuar el diafragma en un ángulo de apoyo y de rigidez en la cara interior del pontón. (Fig 2).

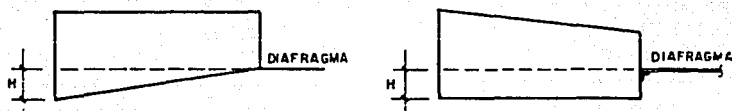


Fig. 2 - Pontón anular. Posición del diafragma.

En ambos diseños se debe considerar el proporcionamiento apropiado de la sección, para minimizar rotación en condiciones normales de operación y resistir las cargas aplicadas incluyendo además la estabilidad local y general.

El incremento de la flotabilidad se logra aumentando la anchura del pontón. Esto en lugar de aumentar su resistencia estructural, hace que las etapas superior e inferior, sometidas a esfuerzos de compresión, se pandeen por su excesiva delgadez.

El área efectiva de la sección de pontón con capacidad estructural se muestra en la Fig. 3. En este tipo de pontones anchos, se deben diseñar elementos rigidizantes para las etapas superior e inferior.

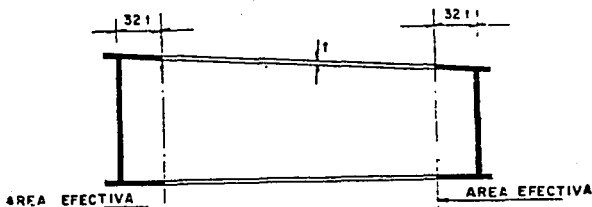


Fig. 3 - Area efectiva de la sección de pontón con capacidad estructural.

Como se observa en los párrafos anteriores, el techo flotante convencional de diafragma sencillo y pontón periférico, presenta algunos problemas en el caso de tanques de gran diámetro. En lugar de soportar los esfuerzos en el anillo periférico, es más conveniente tener una sustentación uniforme en las cargas en el diafragma. Este es el principio básico del techo con boyas múltiples, es decir, la flotabilidad se logra con una serie de boyas herméticamente cerradas y distribuidas en forma uniforme en toda la superficie del diafragma.

Este tipo de techo minimiza la deflexión del diafragma sencillo, aún a tanque vacío, puesto que en cada boya se suministra apoyo de tubo. También releva una parte de la carga total que normalmente toma el anillo periférico. La carga crítica de diseño en el anillo puede reducirse tanto como el 80% (comparado con el diseño convencional). Esta carga es de tal magnitud que los requerimientos de estabilidad del pontón llegan a ser insignificantes comparados con las exigencias de flotabilidad.

La Figura siguiente No. 4, muestra la reducción del ancho del pontón; se emplean boyas múltiples para un tanque de 500,000 Bls.; 280' de diámetro por 48' de altura. Observe la gran magnitud del pontón rigidizado, en el caso del techo convencional.

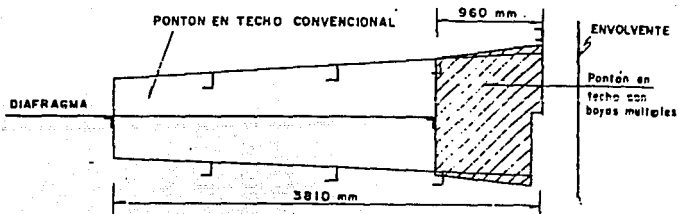


Fig. 4 - Reducción del ancho del pontón.

Con las cargas de techo inundado o perforado el diafragma, permanece relativamente plano. Este efecto resuelve el problema de la localización correcta de los agujeros para pasadores de las columnas de apoyo, en su parte superior para evitar que el líquido almacenado se derrame sobre el diafragma.

En los techos con boyas múltiples, el pontón perimetral es solamente un elemento necesario para mantener la redondez del techo y para fijar el sello.

En la Fig. 5 se tiene un sistema de distribución de boyas así como una sección transversal de una de ellas.

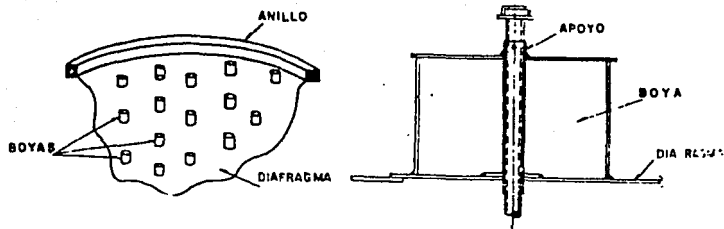


Fig. 5 - Sistema de distribución de boyas.

Este tipo de techo es extremadamente sencillo y es la respuesta lógica al problema del incremento del diámetro de los techos flotantes y de las cargas radiales ejercidas en el pontón en el caso de una ruptura del diafragma. Proporciona al techo una área de contacto con la superficie del producto, de 100% y es prácticamente insubmersible en el caso de ruptura del diafragma.

SELLO. - El sello es una parte muy importante del sistema de techo flotante y se aloja en el pontón y la pared de la envolvente del tanque. Ejerce dos funciones: evita la salida de vapores al exterior y actúa como un control de centrado del conjunto diafragma-pontón.

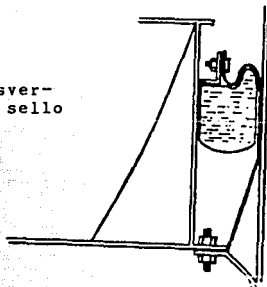
Se utilizan dos tipos principales de sellos: el metálico y el tubo sellado. Este último ofrece ciertas ventajas que lo hacen eficiente y confiable.

La figura siguiente NO. 6, representa una sección transversal del tubo sello donde se muestran sus principales componentes.

El tubo propiamente dicho, lleno de un líquido ligero (queseno o agua) y que abarca toda la periferia del pontón, la banda de desgaste en contacto con la pared del tanque que envuelve el tubo y la banda de desgaste se fabrican de hule sintético resistente a la abrasión, un material permanentemente flexible que es completamente resistente no sólo a los hidrocarburos (hasta un 75% de aromáticos), sino a muchos otros productos químicos líquidos como alcohol, amoníaco, etc.

Con este tipo de sello, las pérdidas por evaporación se reducen a un mínimo absoluto puesto que no hay espacio para escape de vapores en todo el perímetro del techo, ya que el líquido en el tubo ejerce una presión hidrostática en todas direcciones, forzando a la banda de desgaste a ajustarse contra la pared del tanque. Es un sello muy eficaz para el control de la contaminación atmosférica.

Fig. 6 - Sección transversal del tubo sello



La flexibilidad del tubo lo hace adaptarse y deslizarse con facilidad sobre remaches, traslape de placas y cordones de soldadura.

Por último el eficaz comportamiento de los tanques de techos flotantes equipados con tubo-sello contra los sismos, inducen a usarlos en zonas eminentemente sísmicas. En efecto, un ejemplo real ocurrió con el temblor de Niigata, Japón, el 16 de junio de 1964, de una magnitud de 7.7. Nueve tanques de techo flotante de 31,000 Bls., equipados con tubo-sello y almacenando gasolina, continuaron funcionando, no obstante que los tanques fueron deformados por el movimiento del suelo.

Tres tanques de 200,000 Bls. y dos de 280,000 que almacenaban crudo y equipados con sello metálico, se incendiaron y fueron totalmente destruidos. El dictamen emitido por un comité nombrado al efecto, fue que debido al sello metálico y al choque del diafragma contra la pared del tanque o el ángulo de coronamiento, el aceite se incendió por las chispas producidas. El fuego se propagó por la destrucción del techo.

2.1. ESTUDIO DEL TK DE 500,000 BLS. TECNO FLOTANTE

La relación D/H es importante en este caso ya que se trata de un tanque de grandes dimensiones y es necesario optimizar las dimensiones diámetro/altura para lograr un proyecto económico.

Una vez determinado el volumen, la proporción óptima del diámetro del tanque D a la altura H, varía entre dos límites. El límite inferior para la mejor relación D/H, se tiene cuando los costos del casco, fondo y techo son independientes de D y de H. Esta condición existe en tanques de volumen pequeño donde la estabilidad elástica y la corrosión controlan el espesor del casco; es una función tanto de D como de H y los costos unitarios del fondo y techo son independientes de D y de H. Esta condición existe en tanques de gran volumen.

Las proporciones óptimas de las dimensiones de un tanque son influenciadas por el costo de la cimentación y el del terreno que son cargados al del tanque. También influyen el costo del fondo, casco y techo, si se requiere. Estos costos, así como el del terreno, se pueden considerar por área unitaria. Se demuestra matemáticamente que para el límite superior la relación de D a H es como sigue:

$$D = 4H \left(\frac{C_1}{C_2 + C_3 + C_4 + C_5} \right)$$

DONDE:

C_1	Costo anual del casco fabricado	\$/m ²
C_2	Costo anual de fondo fabricado	\$/m ²
C_3	Costo anual de techo fabricado	\$/m ²
C_4	Costo anual de cimentación de tanque	\$/m ²
C_5	Costo anual de terreno	\$/m ²

En nuestro caso, el proporcionamiento óptimo resulta ser considerando que:

- 1º.- El costo del casco C_1 por área unitaria es el doble del costo del fondo $C_1 = 2C_2$.
- 2º.- Siendo techo flotante, no involucramos el costo del techo $C_3 = 0$.
- 3º.- El costo del terreno-cimentación juntos no debe exceder del 40% del costo del fondo $C_4 + C_5 = 0.4 C_2$ por

$$D = 4H \frac{C_2}{C_2 + 0.4C_4}$$

Si V es el volumen propuesto:

$$V = \frac{D^2 H}{4} = \text{pies}^3$$

$$6: \quad H = \frac{4V}{D^2} \quad \frac{4V}{(5.71 H)^2}$$

Si $V = 500,000$ Bls.

$$H^3 = \frac{4 (500,000 \times 42/7.48)}{5.71^2}$$

$$H^3 = 109636 \text{ pies.}$$

$$H = 47.86' \quad 48' = 14.63 \text{ m.}$$

$$Y: \quad H = 5.71 H = 274' \quad 280' = 85.344 \text{ m.}$$

La relación vale:

$$\frac{D}{H} = 5.83$$

Cualquiera otra relación propuesta, como limitar la altura a 10.00 m., se traduce en un costo más elevado del tanque.

Por otro lado, si limitamos la altura 32' (múltiple de 8' para 4 anillos), el diámetro vale 334' = 101.8 m.

La relación D/H valdrá: $D/H = 10.46$

A mayor diámetro del tanque, la deformación del techo flotante se acentúa, por lo que es necesario reforzarlo con incremento de costo. También las secciones de los atiesadores en el casco para el viento se incrementarán por ser función del diámetro.

El espesor máximo en el primer anillo para un tanque de 500,000 Bls. con diámetro de 280' y altura de 48' y resulta ser de 1 1/2. Este espesor es el máximo especificado.

A continuación se muestran algunas dimensiones de tanques de gran volumen consignados en el código A. P. I. (American Petroleum Institute) y calculados con apéndice D.

D'	H'	D/H	t _{max.}	V
300'	40'	7.5	1.24"	498,739 Bls.
380'	40'	9.5	1.506"*	800,000 Bls.
<u>280'</u>	<u>48'</u>	<u>5.83</u>	<u>1.423"</u>	<u>521,349 Bls.</u>
247'	56'	4.41	1.500"	473,318 Bls.
212'	64'	3.31	1.502"*	398.495 Bls.

En ningún caso se mencionó una altura de 32' los valores de t son netos, sin incluir corrosión.

3.- ESPECIFICACIONES

CIMENTACIONES EN TANQUES DE 500,000 BLS CIMENTACION A BASE DE ANILLO DE CONCRETO

La cimentación de todos los tanques se diseñará y construirá de completo acuerdo con las estipulaciones del API-650 apéndice B, haciendo la consideración que se usará el tipo de anillo de concreto.

Cuando se use este sistema, será inspeccionado previamente a la erección del tanque.

- 1 El radio será correcto con una tolerancia de más o menos 25 mm.
- 2 La parte superior del anillo será alisado y nivelado dentro de 3 mm. en más o menos cualquier -- longitud circunferencial de 9,144 mm. Ningún punto en la circunferencia del anillo deberá variar 6 mm. en más o menos de la elevación promedio.
- 3 La pared del anillo será revisada en sus dimensiones de diseño y correcta localización de aberturas tales como las de las puertas de limpieza (ver sección 5)
- 4 Toda la tubería subterránea y excavaciones serán examinadas para su propio tamaño, localización y elevación.
- 5 La corona será revisada con los planos de cimentación.
- 6 La base deberá ser alisada y con su contorno bien definido. La superficie estará libre de piedras mayores de 25 mm. Ø (API Standard 650, apéndice B sección B.3).
- 7 Si la base está aceitosa y el aceite está estancado en la superficie o saturado a tal punto que fluya a través de las costuras del fondo, deberá ser corregida por el contratista de la cimentación antes de que se inicie el trabajo de montaje.
- 8 La base deberá estar libre de arena, basura, polvo o cualquier otro material extraño.

- 9 INVESTIGACION DEL SUBSUELO
Hacer seis horadaciones a lo largo del perímetro de la envolvente y uno en el centro del tanque. - Tomar precauciones de las condiciones que podrían provocar un hundimiento diferencial tales como - afloramiento de rocas, cavidades de arcilla, vacíos, etc.

TOLERANCIAS ADICIONALES DE MANUFACTURA Y MONTAJE

- 1 REDONDEZ
Cualquier radio medido 1 pie arriba de la "Intersección del cuerpo y fondo", deberá estar dentro de una tolerancia de más o menos 1 1/2 del radio del tanque.
- 2 VERTICALIDAD DEL CUERPO
La desviación máxima de verticalidad permitida en la orilla superior del cuerpo con respecto a la - intersección del cuerpo y fondo será de 2 7/8".
- 3 VERTICALIDAD POR PLACA
La desviación de la verticalidad de cualquier placa en particular no excederá los valores indicados en las tablas 14 y 15 de la Especificación ASTM 46 y en las tablas 10 y 13 de la Especificación -- ASTM-A20.
- 4 ALIMENTO PLACAS DEL CUERPO
En juntas verticales el desalineamiento no excederá 10% del espesor de la placa, ó 1 1/16", lo que resulte mayor.

En juntas horizontales, la placa superior no sobresaldrá de la cara de la placa inferior por más de 20% del espesor de la placa superior con un máximo del 1/8"
- 5 NIVELACION
La parte superior del anillo de concreto debe estar nivelada con una tolerancia de + 1/8" en cualquier longitud de 300 pies de circunferencia, y con una tolerancia de ± 1 1/4" en toda la circunferencia.
- 6 HUNDIMIENTO DE SOLDADURAS VERTICALES
El hundimiento de las soldaduras verticales no excederá 1/2" medida con un escantillón circunferencial de 36".

- 7 **HUNDIMIENTO DE SOLDADURAS HORIZONTALES**
El hundimiento de las soldaduras horizontales no excederá de 1/2" medida con una regla de 36" de altura.
- 8 **PRUEBA DE SOLDADURA DEL FONDO**
Todas las soldaduras del fondo serán probadas con caja de vacío en la que el vacío mínimo será de 2 Lbs/Pig 2.
- 9 **PRUEBAS DE SOLDADURA DEL FONDO**
Todas las soldaduras del techo flotante deberán ser probadas con caja de vacío con un vacío mínimo de 2 Lbs/Pig2, o con aceite penetrante.
- 10 **PRUEBA HIDROSTATICA Y DE FLOTACION DEL TECHO**
Una vez concluido el montaje, se efectuará una - prueba hidrostática de acuerdo con el Código, durante la cual se probará también la flotación y estanqueidad del techo.
- 11 **RADIOGRAFIAS REQUERIDAS**
100% de todas las soldaduras verticales para los anillos 1,2 y 3.

Todos los cruces de soldaduras verticales y horizontales.

Las soldaduras horizontales y las soldaduras verticales de los anillos 4,5 y 6, de acuerdo con la sección 6 del código API-650.
- 12 **SUPERFICIE INTERIOR**
La banda de desgaste del sello anular que es de hule sintético desliza sobre toda la superficie inferior del tanque, por lo que ésta debe estar libre de orejas, rugosidades o arrancamiento de soldaduras que puedan desgarrar la banda. No existe una norma precisa para esta superficie, pero en términos generales se consideró que la mano debe poder tallarse sobre cualquier parte sin que sufra ninguna lastimadura.

PRUEBAS, REPARACIONES E INSTALACIONES

A INSPECCION, PRUEBAS Y REPARACIONES

Para estar de acuerdo con las estipulaciones del API-650, párrafo 5.3, el fabricante del tanque - desarrollará los procedimientos necesarios para inspección de pruebas y deberá efectuarlos de acuerdo con los estándares del API.

Para garantizar una operación eficiente de los - sellos en tanques de techo flotante, la superficie interior de la envolvente deberá ser inspeccionada y limpiada de acuerdo con las recomendaciones de - la sección 5 del API-650.

INSPECCION FINAL

Terminado del montaje y antes de la entrega, el representante de Pemex, junto con el contratista, harán una amplia inspección del tanque para asegurarse - que el trabajo se ejecutó completo y que es de la calidad requerida. Lo que sigue es la inspección mínima estipulada.

1 FONDOS

- 1.A Inspección en áreas donde falte la soldadura.
- 1.B Repasar la limpieza del fondo completo y revisar la presencia de orejas, rebabas metálicas y desperfectos que pudieron ocasionar canales o ménsulas que - hubieren azotado contra el fondo.
- 1.C Remover todas las orejas y rebabas si las hay.
- 1.D Reparar todos los rebajes y desperfectos del fondo.
- 1.E Remover todas las escorias de todas las soldaduras.

2 FONDO DEL PRIMER ANILLO

- 2.A Remover la escoria de toda la soldadura de filete tanto interior como exteriormente.
- 2.B Revisar soldaduras fuera de dimensión, socavadas y áreas donde falte.

- 2.C Todas las rebabas serán removidas en la intersección del fondo del primer anillo.
3. ENVOLVENTE
- 3.A Se removerán todas las orejas usadas en el andamiaje.
- 3.B Todas las rebabas serán removidas y los rebajes rellenos y esmerilados. Se dará especial atención en áreas alrededor de la escalera.
- 3.C Todas las soldaduras verticales y horizontales serán inspeccionadas para socavaciones, refuerzos y porosidad, de acuerdo con las especificaciones.
4. ANGULO DE CORONAMIENTO
- 4.A Todas las soldaduras a tope serán revisadas para penetración completa y serán de la misma calidad que las de la envolvente.
- 4.B La soldadura horizontal será revisada igualmente y será de la misma calidad que la soldadura envolvente.
5. ACCESORIOS
- 5.A Todas las soldaduras serán de dimensiones apropiadas y sin socavaciones.
- 5.B Los agujeros y las caras de todas las bridas serán revisadas según dibujos.
- 5.C Todas las bridas ciegas, tapas de registro de hombre, tornillos y empaques serán instalados apropiadamente.
- 5.D Se removerán las rebabas alrededor de los accesorios.
6. ESCALERAS Y ESCALAS DE GATO
- 6.A Las escaleras serán revisadas para un contorno perfecto las huellas a nivel, las barras verticales plomeadas y todas las soldaduras completas, según dibujo.
- 6.B Las soldaduras de los pasamanos, serán esmeriladas y alisadas.

- 6.C Las escaleras serán derechas y plomeadas.
- 6.D Las jaulas de protección, serán derechas.
- 6.E La escalera rodante sobre el techo flotante será instalada en forma adecuada para que trabaje satisfactoriamente.

IV.-PRESUPUESTO Y PRECIOS UNITARIOS

Para tal efecto nos referimos a la construcción llevada al cabo de cinco de los tanques de 500,000 barriles de petróleo, en Salina Cruz, Oax., tomando en consideración sólo los elementos más sobresalientes en cuanto a volumen y costo, tomando también ejemplos distribuidos a lo largo del periodo de construcción.

CONCEPTO	CANTIDAD	P. U.	IMPORTE
INSTALACION TUBO DE CONCRETO SIMPLE			
A) 20 Cm. de diámetro	40.00 M.	\$ 8,509.01	\$ 340,360.40
B) 30 Cm. de diámetro	325.00 M	\$ 11,287.30	\$ 3'668,372.50
INSTALACION TUBO DE CONCRETO REFORZADO			
A) 38 Cm. de diámetro	325.00 M.	\$ 53,625.72	\$ 17'428,359.00
B) 40 Cm. de diámetro	2,130.00 M.	\$ 60,701.19	\$129'293,534.70
C) 45 Cm. de diámetro	660.00 M.	\$ 61,477.66	\$ 40'575,255.60
D)152 Cm. de diámetro	1,440.00 M.	\$383,663.27	\$552'475,108.80
E)183 Cm. de diámetro	380.00 M.	\$474,077.31	\$180'149,377.80
MONTAJE DE TANQUES			
A) Maquilado de placa para tanques de almacenamiento de 500,000 Bls. Pemex Suministra material --- L.A.B. en los talleres de prefabricación que designe el contratista,	7,321.00 TON	\$ 52,894.55	\$387'256,868.00
B) Montaje, amarrado, soldado y pruebas necesarias de tanques de almacenamiento. Tanques cilíndricos verticales de cúpula flotante, mayores de 150,000 bls.	7,321.00 TON.	\$285,667.03	\$2,091'454,026.00

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
<p>Limpieza con chorro de arena comercial y aplicación de una capa de recubrimiento primario AP-6 con espesor de 0.002" y dos capas de acabado RA-26 con espesor de 0.006" cada capa de exteriores en tanques de almacenamiento.</p>	48,215.00 M ² .	\$ 9,102.85	\$438'893,912.00
<p>Limpieza con chorro de arena comercial y aplicación de 2 capas por aspersión de RR-5A con espesor de 0.006" a 0.008" por capa.</p>			
<p>A) En interior de tanques de almacenamiento, para crudo. agua salada y/o crudo</p>	76.185.00 M ² .	\$ 5,017.83	\$385'444,611.00
<p>Suministro y colocación de juntas (sello) pre-moldeada de Fexpan.</p>	1.415.00 M.	\$ 1,869.12	\$ 2'644,804.80
<p>Bombeo de acuíque con motobomba autocebante en bastidor y llantas 102 mm. 4 pulgadas, diámetro.</p>	2,490.00 HRS	\$ 4,148.93	\$ 10'330,835.70
<p>Pavimentos de concreto asfáltico 5cm. espesor 100 L/M3. Asfalto mezclado en lugar</p>			
<p>A) Con motoconformadora para bases de tanques.</p>	28.255.00 M ²	\$ 7,896.46	\$223'114,477.30
<p>B) En cerchas mayores de diámetro.</p>	4,320.00 M ²	\$ 8,178.74	\$ 35'332,156.80

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Habilitado y colocación de acero de refuerzo.			
A) FY-4,200 Kg/Cm ² . 8 mm. (núm. 2.5) (punto cero dos ton).	0.02 TON	\$4'021,650.88	\$ 20,433.02
B) FY-4,200 Kg/cm ² . 10 mm. Núm 3) (punto cincuenta ton.).	0.50 TON	\$ 852,183.60	\$ 42,609.18
C) FY-4,200 Kg/cm ² . 13 mm. (Núm. 4)	28.50 TON	\$ 863,424.80	\$ 24'607,606.80
D) FY-4,200 kg/Cm ² . 19 mm. (Núm. 6)	80.00 TON	\$ 828,974.16	\$ 66'608,073.76
E) FY-4,200 Kg/cm ² . 38 mm. (Núm. 12)	176.35 TON	\$ 813,351.78	\$143'343,586.40
Habilitado y colocación de malla de acero tipo 66-66.			
	3,820.00 M ²	\$ 2,552.39	\$ 9'750,129.80
Herrajes			
A) Suministrado, fabricación y colocación hasta hasta 22 m. de altura.	7,875.00 KG.	\$ 2,060.17	\$ 16'223,838.75
Terraplenes, rellenos y ademes rellenos con herramienta manual.			
A) Compactado al 85%	1,610.00 M ³	\$ 3,897.05	\$ 6'274,250.50
Formación y compactación de terraplenes con maquinaria.			
A) Compactado al 85%	610.00 M ³	\$ 1,689.80	\$ 1'030,778.00
B) Compactado al 95%	40,630.00 M ³	\$ 444.59	\$ 18'063,691.70

CONCEPTO	CANTIDAD	P.U.	IMPORTE
Extendido y nivelado (bordeo) de material de desperdicio (lodo, desplame, etc) amontonado en los lugares de tiro vol. medido en banco, efectuado con maquinaria.	4,530.00 M ³	\$ 146.92	\$ 665,547.60
Elaboración de concreto hidráulico agregado máximo 19 mm. cemento normal			
A) F'C=100 Kg/Cm ² .	145.00 M ³	\$70,537.71	\$ 10'227,967.95
B) F'C=200 Kg/Cm ² .	2,565.00 M ³	\$84,900.76	\$217'770,449.40
Formación y compactación de terraplenes con maquinaria.			
A) Compactado al 95%	79,500.00 M ³	\$ 444.59	\$ 35'380,472.20
Suministro y elaboración de concreto hidráulico, agregado máximo 15 mm. cemento normal			
A) F'C=200 Kg/Cm ² .	8,415.00 M ²	\$84,900.76	\$714'439,895.40
Vaciados en concreto			
A) En pavimentos y explanadas de 7 Cm. de espesor	120,215.00 M ²	\$ 2,392.37	\$287'598,759.55
Suministro y habilitado y colocación de cimbra.			
A) En reglas y fronteras	680.00 M ²	\$ 4,886.04	\$ 3'322,506.20

V.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

Una vez realizada la obra concerniente al anillo de cimentación y habiendo rellenado y compactado el material dentro de éste, se coloca una carpeta asfáltica y sobre ésta se tienden y sueldan las placas de fondo. Posteriormente se procede a montar el primero y segundo anillo de la envolvente, los que se conforman tanto en verticalidad como horizontalidad para asegurar la acción circular diseñada.

Esta actividad continúa hasta llegar al sexto anillo, colocando entonces un ángulo de coronamiento rigidizante y dos trabes perimetrales por el exterior, una en el quinto y otra en el sexto anillo, con el objeto de evitar deformaciones en el cuerpo del tanque durante su operación.

Paralelamente, al iniciar el montaje del tercer anillo, se procede a colocar en el interior del tanque, la placa que conforma su techo y pontón; este es un anillo de rigidización que en conjunto integran la cúpula flotante y que a la vez proporciona capacidad de flotación.

Adicionalmente se colocan las boyas, los soportes de la cúpula flotante, los drenajes de agua pluvial, la escalera, el tubo sello y demás accesorios para garantizar un buen funcionamiento durante la operación.

Terminados estos trabajos se efectúan las pruebas de vacío en las soldaduras de fondo, el techo y el pontón del tanque; Luego se procede a limpiar con chorro de arena toda la estructura, antes de aplicar el recubrimiento anticorrosivo y el de acabado. Por último antes de dar inicio a la operación, se llena el tanque con agua para realizar la prueba hidrostática.

VI.- CIMENTACION, REVISIONES Y TRAZOS.

Los grandes tanques y aquellos con paredes muy altas, transmiten cargas considerables a los cimientos bajo la envolvente. Esto es muy importante en tanques con techos flotante, en lo que se refiere a los asentamientos y por lo tanto, a deformaciones en las placas de la envolvente. En este caso, o en cualquier otro, donde la capacidad de un cimiento para transmitir las cargas es dudosa, se recomienda usar una cimentación a base de anillos bajo la envolvente, que pueden ser de concreto armado o de piedra triturada o grava gruesa.

En nuestro país se ha generalizado el uso de los anillos de concreto para cualquier capacidad de tanques, los cuales son diseñados y construidos de acuerdo con las recomendaciones del A.P.I. Sin embargo, también los anillos de piedra o grava se consideran, ya que es posible usarlos en tanques de mediana y baja capacidad con techos flotantes o fijos en terrenos resistentes.

INVESTIGACION DEL SUBSUELO.

Hay que hacer seis perforaciones simétricas alrededor del perímetro de la envolvente y una en el centro del tanque, con objeto de investigar las irregularidades del subsuelo como: piedras aflorando, cavidades de arcilla, vacíos, etc. Esto es importante debido a que estas irregularidades pueden llegar a producir asentamientos desiguales.

Si el área alrededor del tanque es blanda y lodosa, enterrar una varilla redonda de 13 mm. $1/2''$, a un lado del cimiento en distintos lugares para asegurarse que la base no está desplantada sobre material suelto (basura, abono). Las condiciones del sitio de la erección, pueden no ser las que se especifican en el diseño, en cuyo caso el residente no deberá titubear en notificar a la Superintendencia Local de Construcción, si el sitio no es accesible o si no está de acuerdo con las especificaciones.

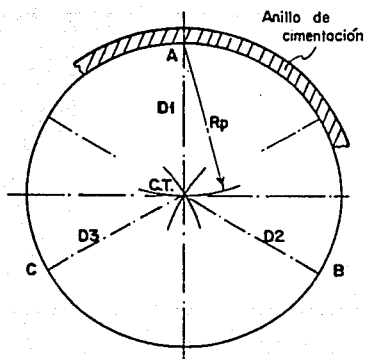
CENTRO

Es necesario localizar el centro del tanque en la base, antes que sean tendidas las placas del fondo. Algunas veces se conserva el centro original que sirvió para la construcción del anillo de cimentación (localizado por coordenadas en los planos generales de proyecto. Si no hay ninguna estaca o señal que marque el centro, éste se localizará de la siguiente manera:

Mídase el diámetro de la base en tres lugares aproximadamente a 120° (diámetro interior del anillo de cimentación).

Calcular el diámetro promedio de las mediciones anteriores y determinar el radio promedio.

Sostener un extremo de la cinta metálica en un punto "A" del diámetro interior del anillo y describir un arco con el radio calculado, cruzando el centro de la base.



$$D_p = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

$$R_p = \frac{D_p}{2}$$

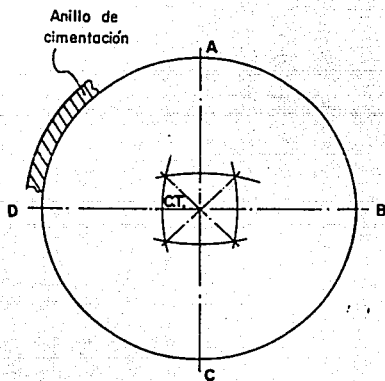


Fig. 7 - Procedimiento de localización del centro.

En otros dos puntos B y C de la pared interior del anillo a 120° aproximadamente del primero, repetir el paso 3. (Fig. 7)

La intersección de los tres arcos dá el centro buscando marcarlo con una estaca.

Otro procedimiento para localizar el centro cuando no existe, es el siguiente: fijar cuatro puntos A, B, C, y D aproximadamente a 90° de separación y trazar cuatro arcos desde estos puntos, con un radio un poco mayor que el real. El cruce de las diagonales trazadas en la intersección de los arcos, dá el centro del tanque. (Fig. 7)

Después que ha sido localizado el centro, mídase 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 está correctamente fijado.

TRAZOS EN EL ANILLO DE CIMENTACION.

Con el radio correspondiente al medio espesor de las placas del primer anillo de la envolvente y auxiliado con la cinta metálica, se traza un círculo sobre la cara superior del anillo. Desde el punto de inicio del montaje de la envolvente indicado en los planos, trácense en el círculo de las cuerdas de cada placa del primer anillo cuya longitud deberá venir calculada en los dibujos de la envolvente y localizar en dichas cuerdas la mitad de cada placa. Estos puntos se proyectan radialmente en el anillo de concreto o de piedra, calculando que queden fuera de las placas periféricas, ya sean anulares o irregulares. Marcarlos con pintura o en otra forma de tal manera que no se borren. (Fig. 8)

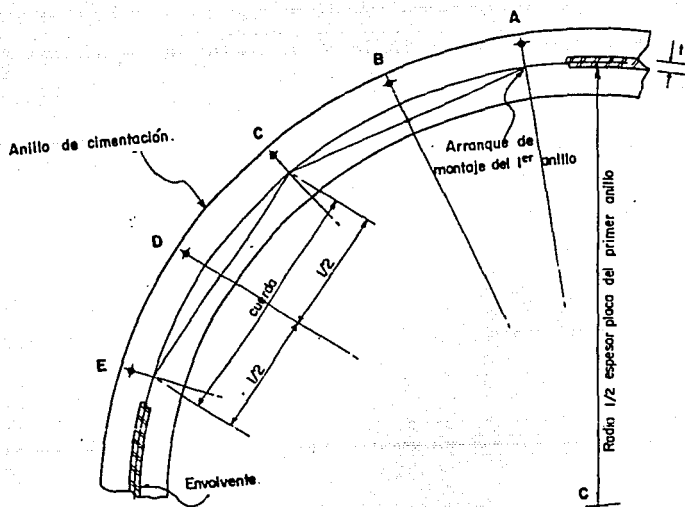


Fig. 8 - Trazo del anillo de cimentación.

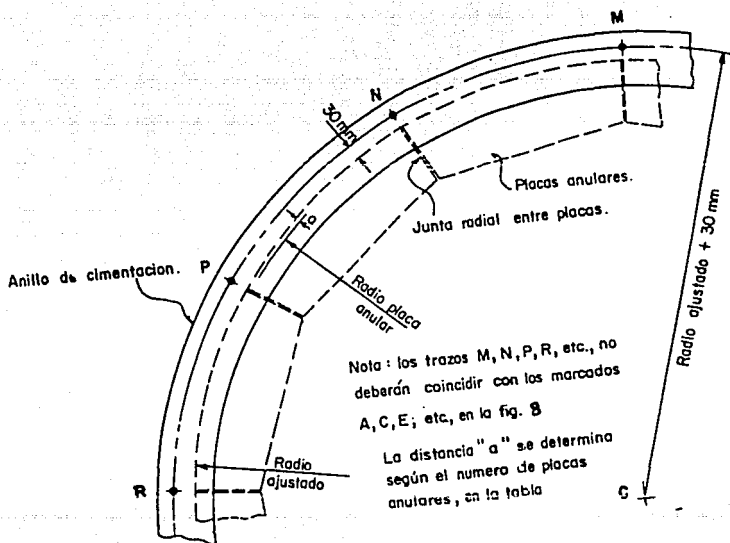


Fig. 9 -Trazo de la distancia mínima en el trazo del anillo de cimentación.

Con un radio igual al radio ajustado de la periferia de las placas anulares,, aumentando 30 mm., trácese un círculo de referencia sobre el anillo de concreto. Sobre este círculo marcar la posición correcta de las juntas radiales entre placas anulares, cuidando de no hacer coincidir los trazos de las juntas verticales de la envolvente marcadas según el párrafo anterior con estos últimos trazos. La distancia mínima entre ambas juntas es de 300 mm. (Fig. 9).

NIVELACION DE LOS ANILLOS DE LA ENVOLVENTE.

Llevar registros adecuados de las lecturas de nivelación de la envolvente, después de cada uno de los primeros 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 lectura 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. Véase la tabla 1 para las diferencias admisibles en dichos diámetros.

DIÁMETRO DEL TANQUE M - (PIES)	DIFERENCIA ADMISIBLE	
	DIAM. MAX. MM.	DIAM. MINIM. 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)

TABLA No. 1 Diferencia admisible entre los diámetros.

Es muy importante establecer en el primer anillo de la envolvente exactos y bien definidos puntos de referencia en cada junta vertical y a la mitad de cada placa del anillo. Esto se ejecuta fácilmente usando pedazos de cintas métricas (flexómetros), adhiriéndolos y localizándolos exactamente a una distancia conveniente de la orilla superior del anillo (véase Fig.10). Colocar los tramos de cinta metálica a una distancia de 300 mm. de cada junta vertical y otra a la mitad de cada placa, asegurándose que estén alineados perpendicularmente a su orilla horizontal.

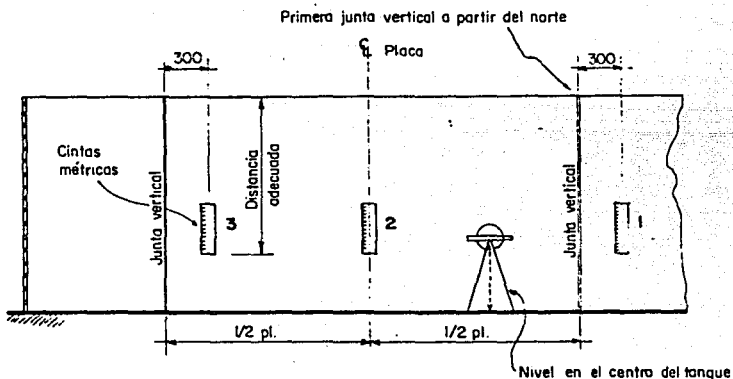


FIG. 10.- Localización de puntos de referencia de las juntas verticales en el primer anillo.

Después de la junta a escuadra entre la placa anular del fondo y la envolvente ha sido unida, revisar la horizontalidad del primer anillo. Si se requiere renivelar, enganchar el extremo superior de la envolvente con el equipo de levantamiento apropiado y elevar la envolvente y el fondo lo necesario para insertar y ajustar calzas de lanas.

VI.2 FONDO, GENERALIDADES.

Distribuir y tender las placas del fondo del tanque con el equipo disponible: grúa, pluma, montacarga, etc., las placas se tenderán en su lugar siguiendo la secuencia marcada en el plano de montaje, empezando del centro hacia la periferia, dependiendo de la dirección del traslape. Puntear las placas entre sí no más de lo requerido para sostenerlas en su lugar.

El control de la contracción de las placas es muy importante en la soldadura del fondo. En tanques muy grandes, es más crítico dicho control. Únicamente un estricto apego a los procedimientos expuestos en este manual, harán mínimos los problemas de la contracción.

La limpieza e inspección de la soldadura del fondo deberá hacerse simultáneamente con el avance del soldeo. Preferiblemente, lo que se suelda en un día, deberá inspeccionarse y probarse el mismo día.

Marcar con pintura el avance de estas operaciones.

MONTAJE DEL FONDO Y SECUENCIA DE LA SOLDADURA.

Fondos con placas anulares soldada a tope con bisel en V y láminas de respaldo. Montar el fondo de tanques de acuerdo con las instrucciones dadas en el orden indicado en los siguientes párrafos:

-Colocar la placa correspondiente al centro del tanque y transportar a la misma dicho centro, previamente localizado, haciendo coincidir la intersección de los ejes -N-S y E-W con la intersección de las diagonales de la placa (Fig. 11). Soldar en el nuevo centro un perno de 13 mm. (1/2") de diámetro y 100 mm. (4") de longitud. Conservar esta importante marca pues es un auxiliar para trazos y mediciones posteriores.

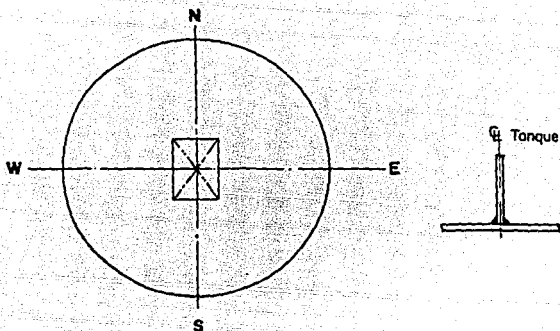


FIG. 11.- Localización del centro del tanque

-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 (2).. tomando como base el círculo de referencia trazado sobre el anillo de cimentación y con el auxilio de escatillón, tender las placas en su lugar. (véase Fig. 12).

Número de placas anulares	13	19	25	32	38	44	50
Aumento al radio del plano en mm.	6	10	13	16	19	22	25

NOTA : Con menos de 13 placas , incrementar el radio 6 mm.

TABLA 2.- Aumento al radio según el número de placas anulares.

-Iniciar el montaje de las placas rectangulares traslapadas del fondo, de acuerdo con su colocación y la secuencia marcadas en el plano respectivo.

-Soldar los 250 mm. (10") del extremo exterior de todas las juntas radiales de las placas anulares, esmerilarlas e inspeccionar la soldadura con radiografías o partícula magnética de los 150 mm. (6") extremos, por el contratista de la inspección radiográfica (ver Fig. 12).

-Montar el primer anillo de la envolvente y soldar las juntas verticales.

-Fijar la junta entre fondo y envolvente. En los tanques de gran capacidad, las placas del primer anillo son tan gruesas que los punzones o cuñas del ajuste entre la envolvente y las tuercas punteadas en las placas anulares, deforman estas en lugar de redondear la envolvente. Puntear las placas irregulares para agregar resistencia cuando sea necesario.

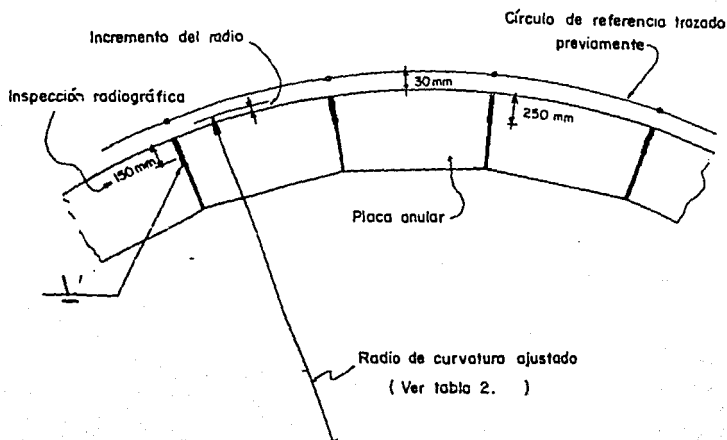


FIG. 12 .- Tendido de las placas anulares.

Soldar la junta circular entre la placa anular y el primer anillo de la envolvente. Esta soldadura origina que el lado interior (lado recto) de las placas anulares, tienda a levantarse debido a la contracción. Uno o todos de los cinco métodos deberán ser usados para controlar esta deformación:

- A) Asegurarse siempre que el tramo no soldado de las juntas radiales (Fig. 13) se pueda mover libremente.
- B) Antes de soldar la junta fondo-envolvente, colocar temporalmente un empaque con lanas de más o menos 50 mm.(2") de altura, abajo del fondo y de la envolvente de modo que la placa anular se incline (Fig. 13) hacia el interior del tanque. Quitar el empaque después de que se ha soldado la junta.

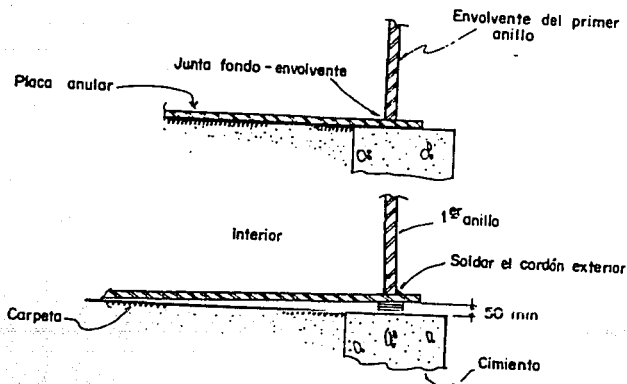


FIG. 13.- Soldadura de la junta fondo envolvente 1er. anillo.

- C) Puntear canales (de las usadas como rigidizantes) entre la envolvente y las placas anulares para que trabajen como tornapuntas. (Fig. 14)
- D) Tender placas irregulares sobre las anulares para que sirvan como contrapeso y ayuden en esta forma a evitar que las placas anulares se levanten. (Fig. 14).
- E) Soldar primero el cordón exterior de la junta fondo-envolvente (soldadura de filete) para que las placas anulares deformadas tiendan a volver a su posición horizontal. Con arco-aire, cortar las juntas radiales abriéndolas a la separación apropiada. Terminar de soldar estas juntas sin interrupción y botar la lámina de respaldo. Examinar el primer paso (fondeo) de acuerdo con el contratista de inspección radiográfica. Si las placas irregulares han sido tendidas antes de soldar las placas anulares, asegurarse de levantarlas por la orilla para soldar completamente las juntas de las placas anulares. Fijar y soldar las placas irregulares a las anulares. Cuando se fije esta junta, asegurarse de mantener la mínima distancia entre la envolvente y la placa irregular como se indica en el plano de montaje. Soldar las intersecciones como juntas de tres (3) placas. Fijar y soldar las placas irregulares unas a otras; cuando hayan sido soldadas todas las placas rectangulares, soldar las irregulares a aquellas. El uso de candados entre estas costuras, ayudará a mantener las placas anulares planas.

TENDIDO DEL FONDO CON PLACAS TRASLAPADAS RECTANGULARES.

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 del tanque:

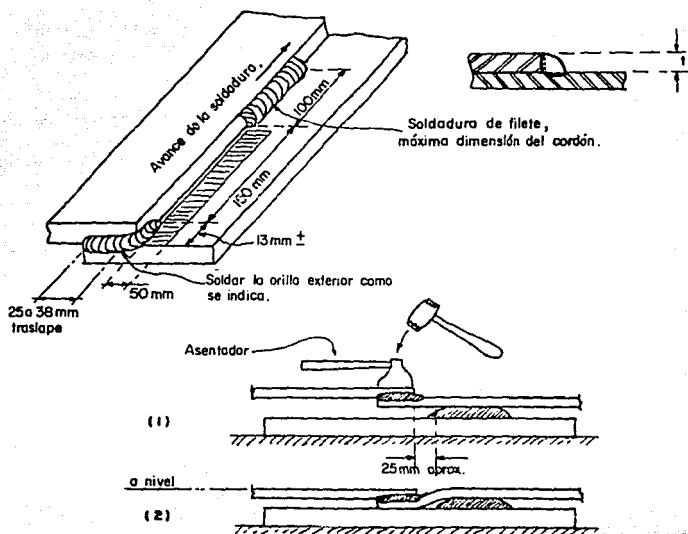


FIG. 14.- Soldadura del cordón exterior en forma de Filete.

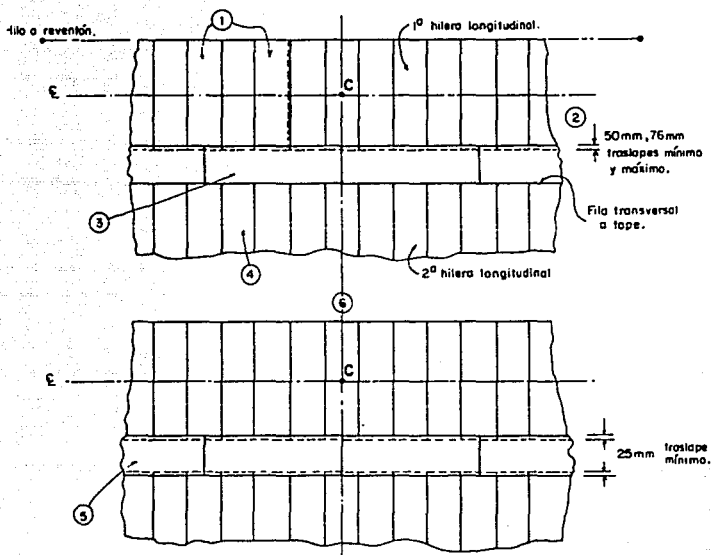


FIG 15.-Tendido de las placas transversales.

- 1) Fondos con las placas formando hileras longitudinales y filas transversales. Las placas periféricas de cierre son anulares e irregulares. (Fig. 15). Este arreglo es para tanques de gran capacidad. de (100 a 500,000 Bls)
- 2) Fondos con las placas rectangulares dispuestas solamente en hileras longitudinales con placas anulares en la periferia y placas irregulares transversales para tanques de mediana capacidad. (55 a 100,000 Bls.).
- 3) Fondos tipo plataforma con todas las placas rectangulares en un solo sentido y sin placas anulares. Este arreglo se usa en tanques de mediana a baja capacidad - (55,000 a 500 Bls.).

En el arreglo de placas para usarse en los grandes tanques de almacenamiento con techo flotante, las filas de placas transversales deberán traslaparse por encima de las hileras longitudinales adyacentes, a menos que lo prohíba alguna especificación particular del usuario. En lo que sigue, se desarrolla un método para tender las hileras y las filas transversales para lograr un traslape apropiado. (Fig. 15).

- 1) Tender la hilera central de placas rectangulares a uno y otro lados de la placa central previamente colocada - y mediante un hilo a reventón, mantener un extremo recto.
- 2) Marcar en el otro extremo de la hilera, 50 mm. Si el traslape va a ser de 25 mm. (1" mínimo), ó 76 mm. Si el plano de montaje marca un traslape de 38 mm. ---- (1 1/2" máximo).
- 3) Tender la primera fila de placas transversales de modo que se traslapen los 50 ó los 76 mm. marcados en la - primera hilera, punteándola ligeramente a ésta.
- 4) Tender la siguiente hilera de placas de tope con las de la fila transversal.
- 5) Destruir los puntos de soldadura y empujar con barretas las placas de la fila transversal por arriba de la segunda hilera hasta obtener un traslape de ambas hileras de 25 a 38 mm., según el caso.

Repetir las operaciones anteriores en el lado opuesto simétrico.

SECUENCIA DE SOLDEO EN FONDOS CON PLACAS TRASLAPADAS.

TECNICA CBI: Véase las figuras (16, 17, 18), donde se muestra con números encerrados en círculos, el orden de la secuencia a seguir. El soldeo puede iniciarse tan pronto como las placas rectangulares son colocadas y fijadas en su lugar con un mínimo de puntos de soldadura.

- 1) Soldar las juntas traslapadas a lo largo de las placas rectangulares de cada hilera y las de las filas transversales a lo ancho con costuras en un solo sentido y del centro hacia la periferia. Las juntas deberán estar libres de puntos de soldadura cuando se sueldan. Usar electrodos E-6010 (AWS) a menos que se especifique otro en los planos de montaje.

NOTA: Para tener en cuenta la contracción en tanques con diámetros mayores de 60 mts. (200'), soldar juntas alternadamente al mismo tiempo que se eliminan los puntos en las juntas no soldadas aún.

- 2) Soldar las juntas entre hileras y filas en forma ininterrumpida y siempre del centro hacia la periferia.
- 3) Ajustar los traslapes bayoneteados en las esquinas de las placas irregulares.
- 4) Montar el primer anillo de la envolvente y soldar las juntas verticales.
- 5) Ajustar y soldar una de las juntas circunferenciales entre fondo y envolvente (soldadura de esquina).
- 6) Soldar y puntear las placas irregulares entre sí, antes de montar el segundo anillo. Esto impedirá que se inclinen y se abran estas placas, debido a asentamientos del fondo apoyando en bases de arena.
- 7) Soldar el segundo cordón circunferencial de la junta-envolvente (soldadura de esquina). Esto se puede hacer posteriormente en el momento oportuno.
- 8) Soldar las placas irregulares entre sí y a las rectangulares. Estas costuras pueden realizarse en cualquier momento y después que se han completado las circunferenciales

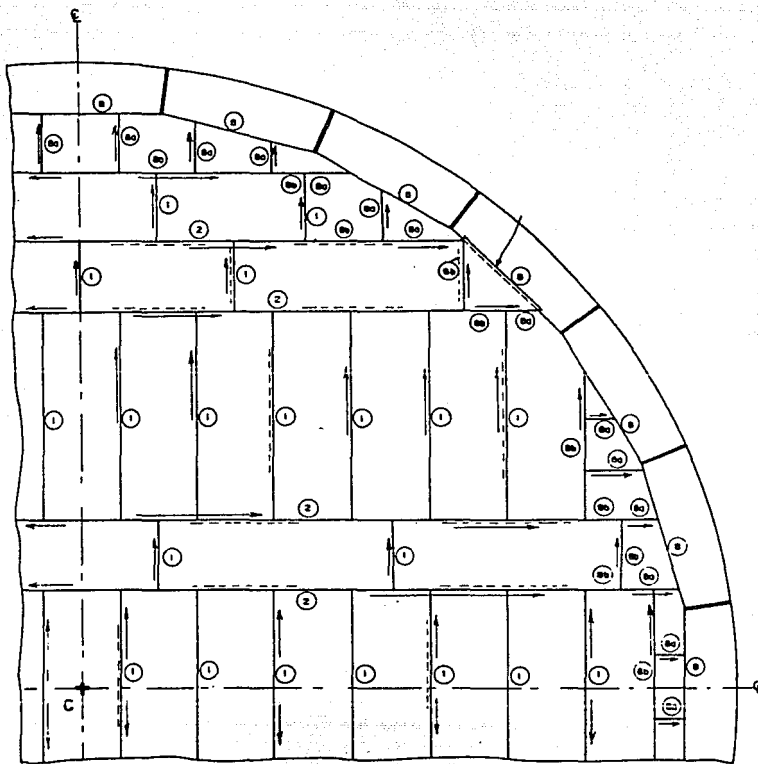


FIG. 16.- Secuencia de soldeo en placas de fondo (I)

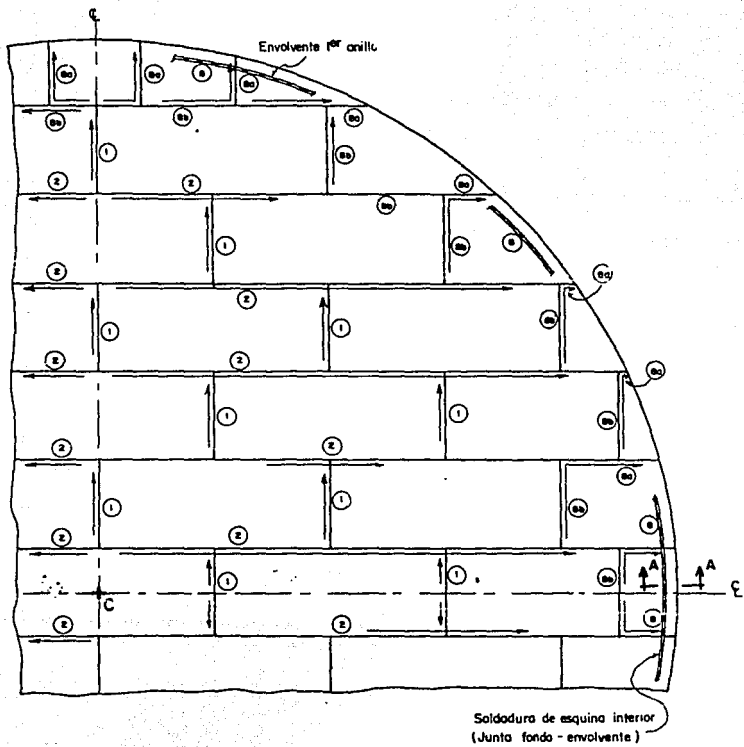


FIG. 17.- Secuencia de soldeo en placas de fondo (II)

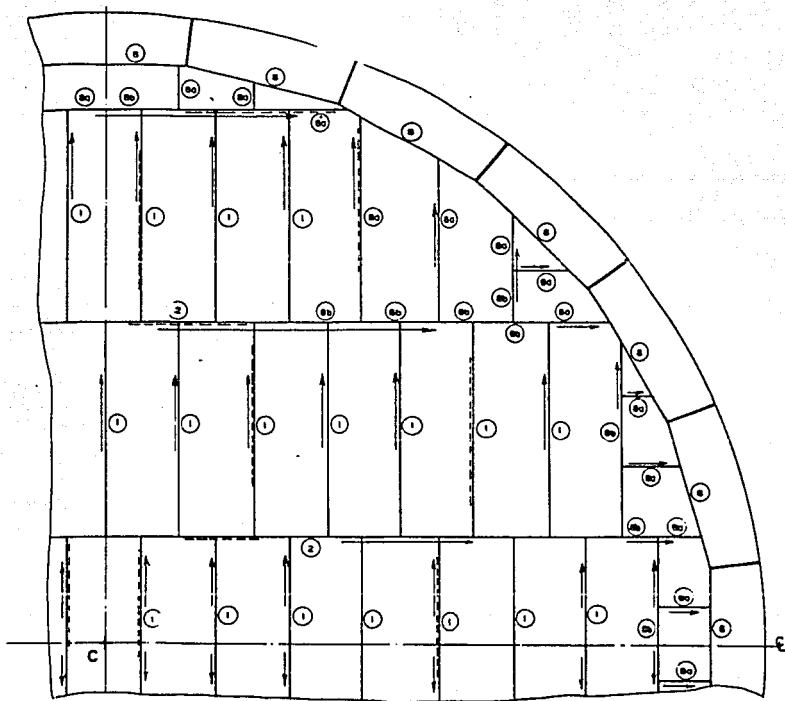


FIG. 18.- Secuencia de soldeo en placas de fondo (III)

de esquina (junta fondo-envolvente) y las verticales del primer anillo. El soldeo entre placas rectangulares e irregulares, puede llevarse al mismo tiempo que éstas se están soldando entre sí, o podrá soldarse un cordón sin interrupción, iniciándolo en las juntas entre irregulares y rectangulares y continuándolo hasta rematarlo entre la irregularidad correspondiente a su adyacente. (Fig. 17)

AJUSTE SOLDEO DE ESQUINAS BAYONETEADAS.

Doblado de esquinas bajo la envolvente: Cuando el diseño de 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 machihembrado. Esto se hará antes que se monte el primer anillo de la envolvente. Asegurarse que las placas están traslapadas apropiadamente antes de hacer el doblado en forma de bayoneta.

Suélte el lado exterior de fuera hacia el centro, omitir 150 mm. (6") y soldar 100 mm. (4") más como se indica en la Fig. 2.2.1 A. Usar electrodos E-6010 ó E-7018 de 5 mm. (3/16") ó de menor diámetro para soldar las esquinas dobladas. No se use el electrodo E-6012. En algunos diseños especiales, las placas irregulares alcanzan un espesor mayor de 8 mm. (5/16") en cuyo caso la zona de los dobles debe calentarse a un rojo cereza antes de golpear las placas para doblado.

Colocar una placa de asiento provisional con un bordo como la mostrada en la Fig. 14 y golpear el traslape hacia abajo hasta que las caras superiores de dos placas irregulares adyacentes estén a nivel como se ve en la Fig. 14. Empezar golpeando desde la orilla o lado exterior haciendo un traslape hermético y continuar el golpe hacia el centro alrededor de 130 ,. (5"). Completar la soldadura en el área doblada, usando el requerido número de pasadas (dos minias), para hacer un traslape soldado completo y retirar la placa provisional de asiento para que las irregulares se apoyen en el anillo de cimentación.

DOBLECES EN TRASLAPES DE TRES PLACAS.

Cuando las hialeras y filas de placas rectangulares se sueldan entre sí, se requiere hacer dobleces en la intersección de tres placas y luego soldar. Previamente deberá limpiarse el área de puntos de soldadura. La Fig. 19 muestra las dos intersecciones típicas A y B que requieren una atención especial para solucionar sus traslapes y fijar los procedimientos de soldadura más adecuados. Las placas son numeradas para su identificación. Los números corresponden a la secuencia de ensamblado.

En la intersección 'A', la porción de las placas 2 y 3 cubiertas por la placa 4, debe ser soldada mientras la junta completa es punteada antes de tender la 4. Si ésta ya ha sido colocada en su lugar, deberá correrse mediante palanqueo, de modo que la porción bajo la placa sea descubierta y pueda soldarse.

Si esta parte de la junta no fue soldada durante el ensamblado, la placa cuatro debe removerse para que el soldador pueda soldar todo el cordón. Dóblese la placa 4 en forma de bayoneta para que asiente sobre la 2 y suéldese la junta formada por 4, 3 y 2 de un modo continuo sin interrupción en el traslape para impedir que se produzca un corte o muesca que podría originar una grieta que pudiera prolongarse a lo largo de la costura después, cuando el tanque esté en servicio.

Cuando se suelde el cordón entre las placas 3 y 2 (intersección B), parar la soldadura más o menos 50mm. (2") al extremo de la junta. Estos últimos 50 mm. se soldarán cuando se haga la costura de la placa 2 a la 1.

La esquina de la placa superior (placa 3) en la intersección B, se recortará con arco-aire o cincel, como se muestra en la figura de modo que la placa 2 sobresalga por lo menos un espesor de la placa fuera de la placa 3. Esto deja espacio para la soldadura de filete completa de la placa 3 a la 2.

Cuando se ajustan las costuras de las placas 3 y 2 a la 1, deberá hacerse un doblez en forma de bayoneta para minimizar el vacío en el traslape. Comúnmente se golpea la placa con un martillo para ayudar a cerrar la abertura. En tanques que operan a bajas temperaturas (criogénicos), no se permite el martilleo del material. El vacío deberá llenarse con metal de soldadura.

Suéldese el traslape de tres placas depositando el primer cordón sin interrupción a lo largo de la junta entre las placas 2 y 1 y avanzando hacia el traslape. Si hay un vacío en éste, detener el cordón de soldadura a 150 mm. (6") de distancia del traslape, saltarse y rellenar la abertura con soldadura, regresarse a los 150mm. y soldar un cordón continuo y detenerse hasta una distancia de más o menos 150 mm. (6") delante del traslape.

En seguida completar la soldadura de la placa superior 3, empezando en el extremo donde se detuvo el cordón transversal y continuar éste alrededor de la esquina de la placa 3, con una soldadura de filete cordón completo y terminarlo adelante del traslape hasta ligarlo con el cordón longitudinal previamente soldado.

Para comprender mejor las explicaciones dadas en el texto, es conveniente tener enfrente la Fig. 19 completa.

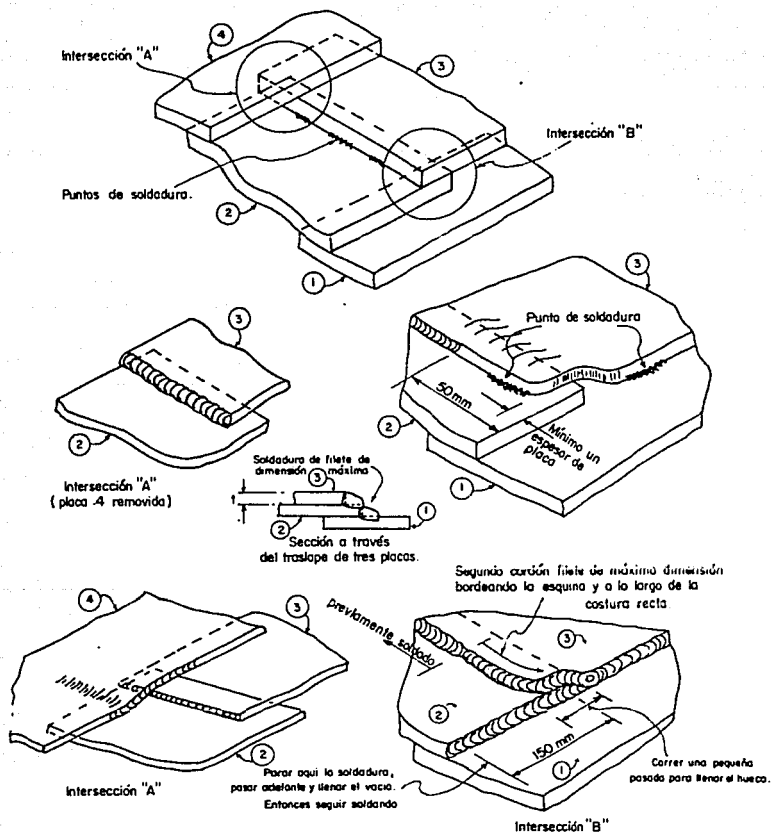


Fig. 19.- DETALLES DE SOLDADURA EN LA INTERSECCION DE LAS PLACAS

PLACAS DE APOYO

Estas placas se usan a veces colocándolas entre la anular y el anillo de cimentación bajo la envolvente para transferir las cargas de la misma a la cimentación. No se suelen las placas de una a la otra. Al soldar la placa de apoyo a la anular del fondo, déjese sin soldar una parte en la junta de separación de las placas de apoyo. La Fig. 20 indica las áreas donde debe omitirse la soldadura, para evitar la formación de grietas en la envolvente cuando se sulte de corrido.

VI.3 ERECCION DE LA ENVOLVENTE - GENERALIDADES.

Las operaciones de una operación continua, dependen de un personal bien organizado. El sistema de movimientos en espiral en la envolvente, se ha encontrado que es muy eficiente. Acomodar la máquina de soldar automática y el equipo de montaje de modo que sigan siempre el movimiento en espiral, en sentido contrario a las manecillas del reloj, es buena táctica. Igualmente ésto debería hacerse si el procedimiento de soldadura es manual.

A continuación se indica un método general de montaje:

- 1) Montar el anillo No. 1.
- 2) Fijar y soldar las juntas verticales del anillo No. 1 (excepto las verticales de las placas correspondientes a las puertas de limpieza).
- 3) Ajustar y soldar la junta circunferencial entre las placas del primer anillo de la envolvente y las anulares o irregulares del fondo (soldadura de esquina).
- 4) Montar dos (2) placas del segundo anillo.
- 5) Ajustar, fijar y soldar la junta vertical en estas dos placas.
- 6) Montar la máquina de soldar automática y revisar su alimentación (omitir ese paso si se va a soldar manualmente).
- 7) Continuar la erección del segundo anillo ajustado, fijando y soldando sus juntas verticales.

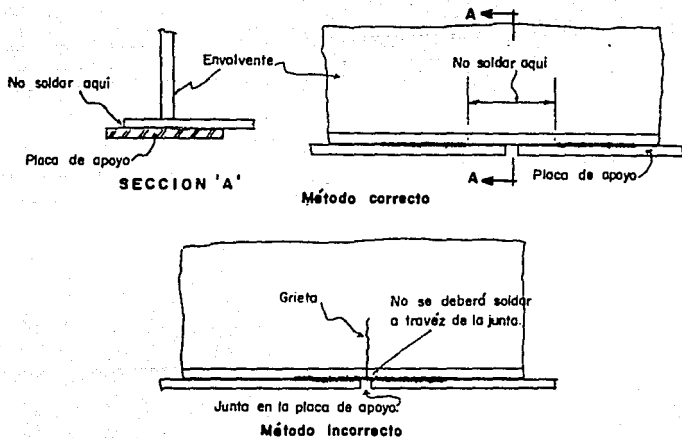


Fig. 20.- LUGARES DONDE SE DEBE OMITIR SOLDADURA

- 8) Ajustar y soldar la junta horizontal entre el primero y el segundo anillo.
- 9) Montar los anillos restantes: 3 y 4 etc., siguiendo la misma secuencia. Soldar siempre las juntas verticales antes que las horizontales. Véase la Fig. 21 donde se muestra la secuencia que se sigue en el soldo de las juntas de la envolvente.

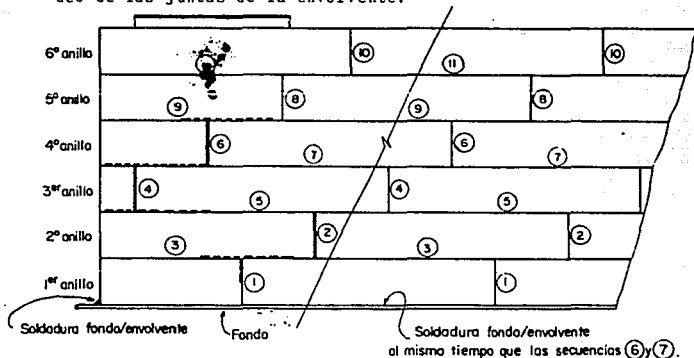


Fig. 21 SECUENCIA DE SOLDADURA EN LA ENVOLVENTE TRAZOS PREVIOS AL MONTAJE DEL PRIMER ANILLO.

Centro y ejes del tanque. Revisar para asegurarse que el centro ha sido exactamente transferido de la base a la placa central del fondo. Cuando las placas anulares (6 las irregulares) se ha tendido y ajustado, transferir los ejes N-S y E-W marcados en el anillo de cimentación, a dichas placas. Usar tránsito o un hilo a reventón para efectuar esta operación. Marcar los ejes con una serie de puntos trazados radialmente hacia el centro del tanque desde la orilla exterior del fondo, más o menos una distancia de 150 mm. (6"). Esto hará visibles los ejes desde el exterior y el interior de la envolvente. Pintar estas marcas para que siempre sea fácil localizarlas.

TRAZOS AUXILIARES PARA EL MONTAJE DE LA ENVOLVENTE.

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 de tanque tomando de los planos de montaje y el último con un radio de 25 mm. menor que el segundo (véase Fig. 22). Incrementar a los valores anteriores el correspondiente al radio del perno y el extremo de la cinta.

Empezando en el punto donde se inicia el montaje de la envolvente, trazar los extremos de las cuerdas de todas y cada una de las placas del primer anillo, trabajando independientemente las dos medias circunferencias de direcciones opuestas, para reducir el error acumulativo. La longitud de cada cuerda se medirá sobre el círculo que corresponde al menor espesor de las placas (eje del anillo). Véase Fig. 23 . Si las localizaciones finales en cada dirección no coinciden, dividir el error entre el número de cuerdas, incrementar su longitud en el cociente que resulte y trazarlas nuevamente. Repetir esta operación hasta que no haya error. Marcar con punto y martillo los trazos extremos de cada cuerda, prolongar las marcas radialmente hacia el interior de la envolvente unos 100 mm. y hacia el exterior unos 50 mm. y pintarlas para localizarlas rápidamente. Estos trazos son muy importantes pues marcan el eje de las juntas verticales, sirven por lo tanto, para localizar exactamente los extremos de cada placa del primer anillo de la envolvente.

Un método práctico y rápido para llevar a cabo el trabajo de trazos de cuerdas descritos en el párrafo anterior, es el desarrollado mediante el empleo de dos cintas de medir. Véase Fig. 24 . 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. La intersección de las dos cintas da el eje de la junta vertical y se marca con el punto, prosiguiendo en esta forma la operación hasta completar media circunferencia. Se debe trabajar simultáneamente y en la misma forma la otra mitad.

Puntear por pares en las placas anulares o irregulares del fondo, una serie de tuercas lisas de 50 x 50 x 25 mm. separadas del eje de la envolvente hacia el exterior y el interior, un medio espesor de la placa del primer anillo más 13 mm. en el sentido radial (Fig. 25) y circunferencialmente a cada arco de círculo entre dos marcas correspondientes a los ejes de las juntas verticales (largo de cada placa); localizar primero dos tuercas a 150 mm. de cada eje por el lado exterior y a 600 mm. por el interior del círculo de referencia y después el resto de la serie delgada es la placa de la envolvente, menor será el espaciamiento.

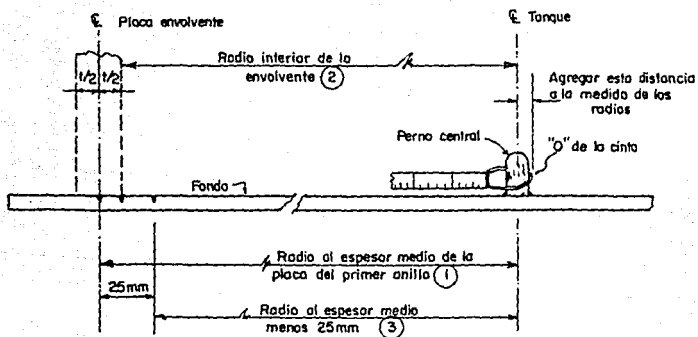


Fig. 22.- PRIMER TRAZO DE CIRCULOS CONCENTRICOS DE REFERENCIA

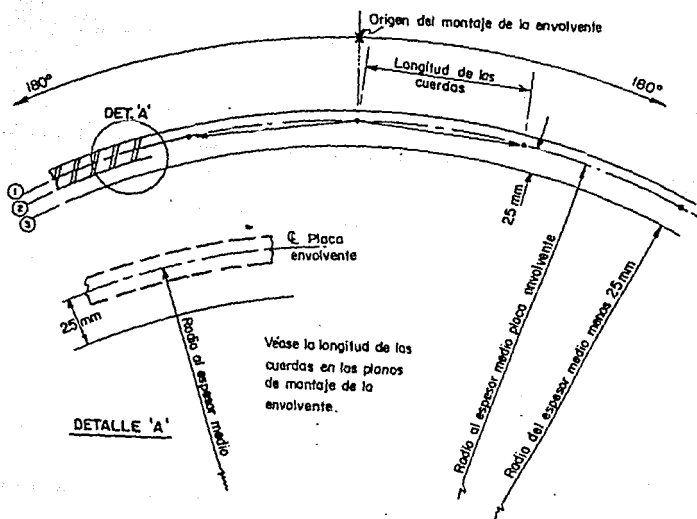


Fig. 23.- TRAZO DE LAS CUERDAS DE CADA UNA DE LAS PLACAS DE LA ENVOLVENTE. 46-A

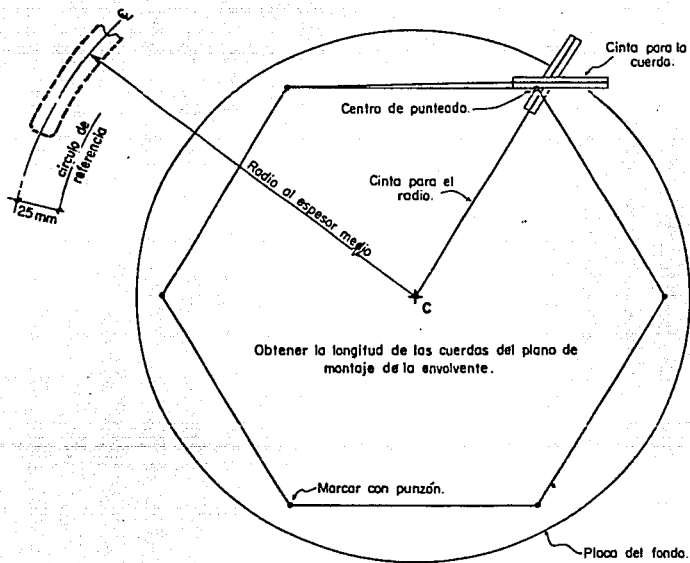


Fig. 24.- TRAZO PRACTICO DE LAS CUERDAS DE CADA UNA DE LAS PLACAS DE LA ENVOLVENTE.

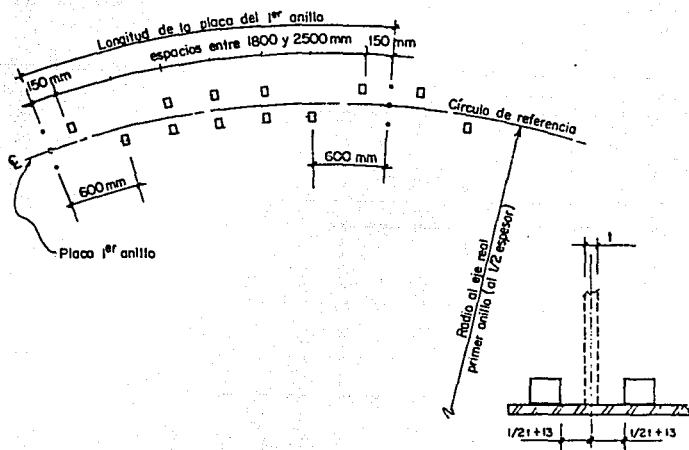


Fig. 25.- PUNTEADO DE LAS TUERCAS LISAS.

Existe una variación en la localización de la tuerca interior; consiste en puntearla en el círculo trazado con el radio interior de la envolvente o sea que queda adosada a la cara interior del anillo. Estas tuercas son desprendidas si es necesario mover la envolvente hacia adentro.

ERECCION DEL PRIMER ANILLO.

Cuando los planos de montaje indican que varios anillos tienen las mismas dimensiones pero que las placas están marcadas con el número del anillo correspondiente o tienen una marca especial, deberán ser ordenadas por grupos y montada con la marca de montaje indicada en el plano respectivo. Aún suponiendo que no se tiene un reporte de discrepancias, es conveniente revisar dimensiones puesto que puede haber un anillo más angosto que los otros ó puede haber en el mismo una placa más larga ó más corta.

Soldar en cada placa de la envolvente, las tuercas lisas para los candados sujetadores correspondientes a las juntas verticales y para los rigidizantes en las juntas horizontales, así como las soleras para apoyar las ménsulas del andamiaje, todo ésto antes de montarlas. (Fig. 26).

La soldadura de las soleras de soporte para las ménsulas debe estar limpia de escoria, inspeccionada y hecha por un soldador calificado.. Deberá ser calificada y circulada con las iniciales del inspector calificado que hizo la revisión.

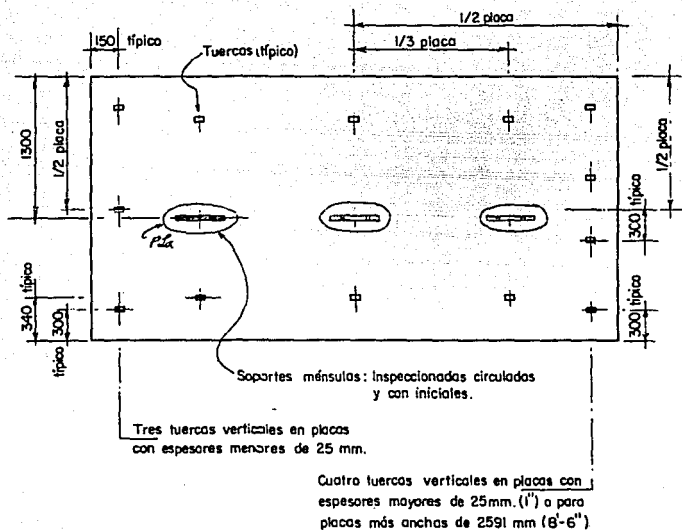


Fig. 26.- LOCALIZACION DE TUERCAS Y MENSULAS PARA SOLDARLAS ANTES DEL MONTAJE.

Montar las placas usando el equipo de levantamiento apropiado, grúa, montacarga, balancín, pernos, estribos, etc. (Fig. 28) y los herrajes especificados: candados, separadores, etc. (Fig. 27).

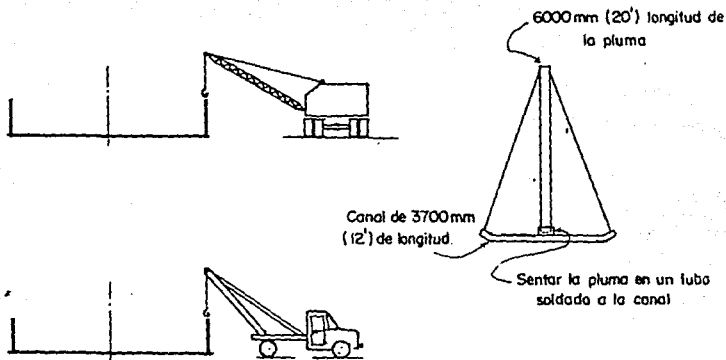
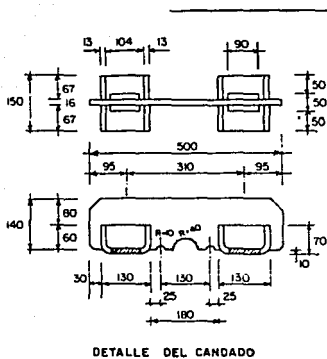


Fig. 27.- MAQUINARIA DE MONTAJE.

Enganchar y transportar a su lugar la primera placa de modo que el extremo que va a apoyarse primero, esté ligeramente más elevado que el otro, pero llevando la placa casi a nivel.

Sentar el extremo de la placa en la marca hecha previamente en el fondo que indica la localización de la junta vertical y sostenerla. Apoyar toda la placa en la cara interior de las tuercas exteriores. Mover la placa hacia adentro o hacia afuera lo necesario para situar el otro extremo en la marca correspondiente. Las marcas señaladas con puntos en el fondo son muy importantes para localizar problemas de montaje si hay errores de fabricación.

Plomear la placa con una plomada de 1.80 m. ó más larga y puntear con soldadura tres canales (de las empleadas como rigidizantes) entre la placa y el fondo para sostenerla en su lugar (Fig. 28)



Acolaciones en mm.

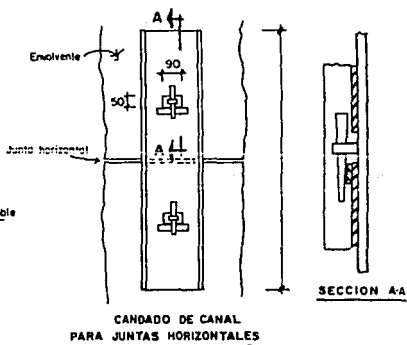
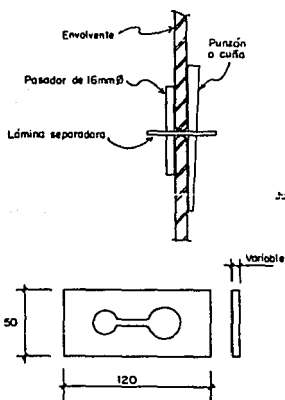
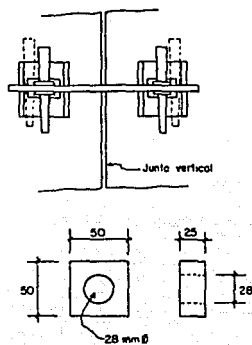


Fig. 28.- HERRAJES: CANDADOS, SEPARADORES

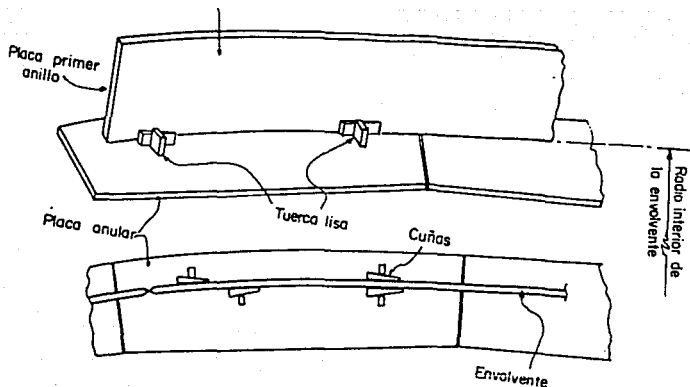


Fig. 29.- UTILIZACION DE CUÑAS EN EL MONTAJE.

Enganchar y montar sin soltar la segunda placa. Hágase coincidir su orilla vertical con la de la placa montada y fjela a ésta con un candado. Mover la placa hacia fuera o hacia adentro lo requerido para hacer coincidir el otro extremo con la marca punteada en el fondo. Fijar ambas placas con los candados requeridos. Para placas de 2.44 m. (8') de ancho, afianzar las placas de menos de 25 mm. (1") de espesor con tres (3) o cuatro (4) candados por junta vertical. Placas más gruesas o con 2.75 m. (9") ó más de ancho, requieren cuatro (4) ó mas candados por junta vertical. Plomear la placa y puntear canal a 600 mm. de extremo libre y por el lado interior y otra a la mitad de la placa para sostenerla plomeada. Cuando las placas se están montando, usar punzones o cuñas (Ver Fig. 29) entre las tuercas del fondo y las placas para redondear estas últimas y fijarlas en su posición exacta, auxiliándose con los círculos de referencia 2 y 3 previamente trazados. (Ver Fig 23)

Continuar montando placas del primer anillo de la manera descrita hasta cerrarlo. Si el tanque tiene una ó más puertas de limpieza, véase el inciso siguiente.

PLACAS CON PUERTAS DE LIMPIEZA.

Estas placas así como sus refuerzos y las mismas puertas de limpieza, deben ser diseñadas y detalladas por ingeniería de diseño de Pemex para que posteriormente sean fabricadas en los talleres contratados. Nunca deberán cortarse en el campo. Antes de iniciar el montaje de la envolvente, la super-

visión revisará si el material de las puertas está completo para que el montaje de éstas no se deje incompleto.

Presentar la o las placas en su ubicación correcta como se indica en el plano respectivo. Manéjese en la misma forma que las demás placas de los anillos. Después de hacer coincidir las orillas extremas verticales con las de las placas adyacentes, sujétense con candados y placas de sujeción. No usar placas separadoras. No desenganchar el equipo de levantamiento hasta que los candados estén apretados. Véase - Fig. 30 .

Una vez presentadas, ajustadas y sujetadas las placas de la puerta de limpieza, revisar la instalación y libérese el equipo de montaje.

Para contar con uno ó más accesos hacia el interior del tanque, hay necesidad de remover las placas de las puertas. Esta remoción se hace hasta que sea absolutamente necesario introducir o sacar del tanque materiales, equipo y herramienta.

Las placas de las puertas no se quitarán hasta que las operaciones siguientes hayan sido ejecutadas.

- 1) Dos anillos superiores cuando menos, deberán estar completamente soldados.
- 2) La junta circunferencial fondo-envolvente y la primera junta horizontal entre el primero y el segundo anillo estén soldadas excepto 900 mm. mínimo por cada lado de la placa. (Fig. 30).
- 3) La abertura que deja la placa al retirarla ha sido perfectamente atiesada con canales de 3.50 m. de longitud mínimos (el perfil de la canal será fijado por ingeniería). Véase Fig. 31).
- 4) No empezar a quitar candados ni placas de sujeción, hasta que el equipo de izaje esté enganchado.

Cuando las placas de las puertas se colocan en forma definitiva en su lugar, una vez que se terminó el montaje, fijarlas en ambas juntas verticales extremas, mediante placas separadoras. Esto podría originar que la placa de la puerta se pandeé hacia afuera y que no quede en línea con las otras placas de la envolvente en la junta horizontal. (Fig. 32).

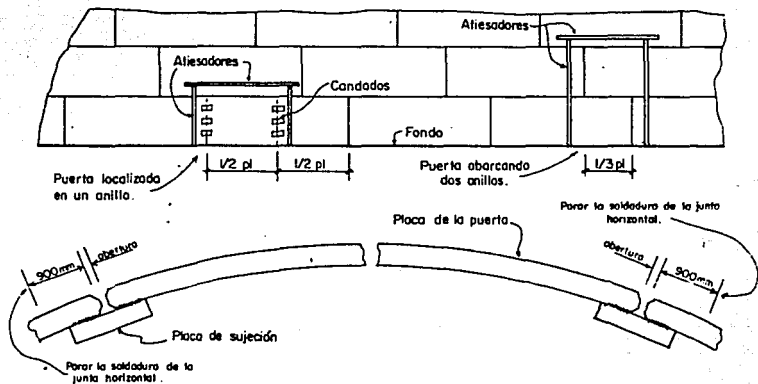


Fig. 30.- JUNTA CIRCUNFERENCIAL FONDO-ENVOLVENTE

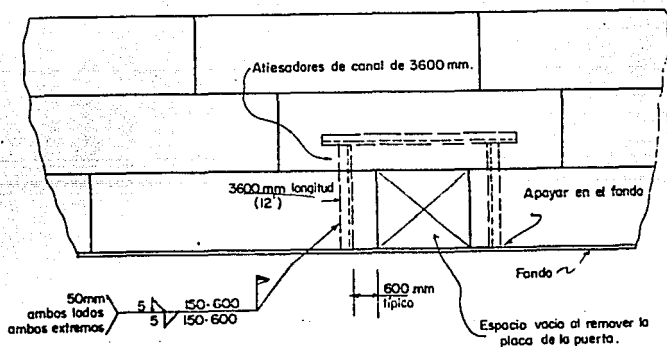


Fig. 31.- LONGITUD DE LOS CANALES DE ATIESAMIENTO EN ZONA DE PUERTAS.

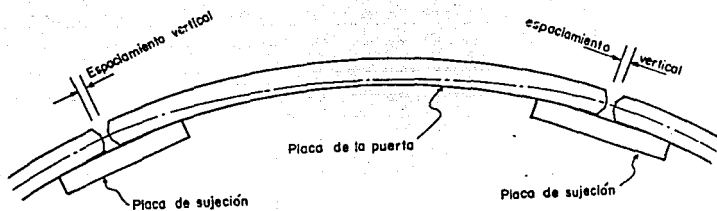


Fig. 32.- PLACAS SEPARADORES PARA JUNTAS VERTICALES.

Cuando se suelden las juntas verticales, este pandeo desaparecerá debido a la contracción del metal de soldadura. Suéllese la costura horizontal de la placa de la puerta en la forma usual.

Si se usa el procedimiento de soldadura automática en las costuras horizontales, arriba de la placa de la puerta de limpieza, obtener la abertura y el bisel de la junta con arco-aire en lugar de forzar las placas con herrajes para lograr su separación.

La supervisión deberá estar siempre pendiente de proteger al trabajador de objetos que puedan caer cerca, colocando tablo-nes en las ménsulas arriba de cada puerta de limpieza y de los registros de hombre por fuera y por dentro del tanque.

UNION Y SOLDEO DE JUNTAS VERTICALES.

El uso de herrajes en las juntas verticales puede iniciarse tan pronto como dos placas de la envolvente son montadas. Cada junta deberá permanecer centrada sobre la marca de las cuerdas hechas en el fondo. Los herrajes pueden colocarse interior o exteriormente pero siempre se colocarán en el lado opuesto al primer lado soldado.

Nunca se corte una placa de envolvente o se suelde una abertura de raíz muy ancha sin conseguir la autorización de la Suptcia. local de Construcción.

AJUSTE DE JUNTAS VERTICALES: HAGANSE LOS AJUSTES Y UNION DE LAS JUNTAS VERTICALES SIGUIENDO EL ORDEN INDICADO A CONTINUACION:

-Emparejar las placas en el extremo superior de la junta para que queden al ras.

-Revisar el extremo inferior de las juntas. Si los anchos de las placas varían en más de 3 mm., investigar si hay error de fabricación antes de fijar la junta. Medir el ancho de ambas placas y notificar el resultado a la Suptcia. Local de Construcción. Dependiendo de la localización del error, o bien fijar la junta al ras en el extremo superior o inferior, o dividir el error. Entonces aumentar el lado conveniente de la placa con soldadura. Cualquier operación de ajuste en la parte superior se requiere que sea hecha antes que la máquina automática cruce el desnivel.

-Ajustar y amarrar la junta empezando desde arriba hasta llegar a la parte inferior. Instalar separadores de lámina y punzones para asegurarse que la abertura de la raíz en los biseles, es la correcta.

-Mientras se ajusta una junta, usar una plomada para determinar si está vertical. Cuando los extremos de las placas están mal fabricadas y ellas son fijadas estrictamente a la separación apropiada, puede resultar una de las dos condiciones siguientes:

- A) Si es extremo fue cortado recto pero en ángulo, la placa se inclina ya sea hacia adentro o hacia afuera, dependiendo de la dirección del error. La plomada detecta esto rápidamente.
- b) Si el extremo de la placa es cortado curvándolo, tomará la forma de barril ya sea hacia adentro o hacia afuera. Nuevamente usnado la plomada como referencia vertical, se mostrará esta condición.

Es importante que la placa esté derecha y a plomo después de ajustada y fijada con sus correspondientes herrajes, lo cual significa que la separación de la junta puede variar y que el borde de la placa debe ser aumentado antes de soldar la junta.

Las placas con juntas verticales rectas, (sin bisel), se montarán sin separadores intermedios en las mismas y para fijarlas en sus respectivas posiciones de tal modo que no puedan desviarse, deberá soldársele una placa de sujeción sobre la junta horizontal a ambos lados de la vertical y a 900 mm. de la misma.

Sujetar las dos placas de un anillo con las mencionadas en el "arrafo anterior, para evitar cualquier desviación, hace que dichas placas sean forzadas hacia afuera de modo que sobresalgan horizontalmente de las placas del anillo inferior. Al soldar la junta vertical, las placas regresan a su posición original, sin tener partes planas en uno u otro lado de la junta.

Usando candados cruzando las juntas verticales, se abren las mismas hasta asegurar la separación adecuada.

-Revisar el ajuste de las juntas verticales con una cerca de madera de una longitud mínima de 900 mm., con un lado curvado al radio del tanque y una muesca circular en el centro para librar el cordón de soldadura. La cerca de madera puede usarse para verificar el ajuste así como para revisar la redondez del tanque durante el soldeo.

Cuando las verticales se están ajustando, soldar placas de sujeción sobre las juntas a intervalos de 600 mm. Suéldese únicamente un lado de las placas de sujeción a la envolvente. Estas placas deberán estar inclinadas ligeramente hacia abajo para evitar socavadas. (Véase Fig. 33).

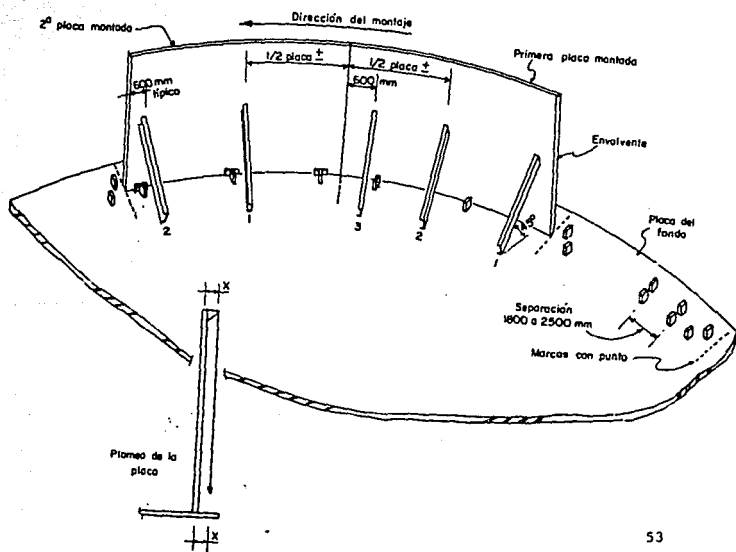


Fig. 33.- ANGULOS INCLINADOS DE SUJECION DE LAS PLACAS EN EL PROCESO DE AJUSTE.

SOLDEO DE LAS JUNTAS VERTICALES.

Soldar las verticales de acuerdo con el procedimiento de soldadura indicado así como el electrodo seleccionado tanto para soldadura manual como para la automática. Primero, soldar completo el lado de la junta que no tiene herrajes sobre ella. Soldando el otro lado primero, y saltando sobre los herrajes, puede originar grietas y fisión incompleta cuando se sueldan las áreas omitidas. Los candados y los demás herrajes pueden ser removidos después que se ha soldado completamente el lado libre. Puede dejarse, si es necesario, el rigidizante extremo para mantener una curvatura correcta. Si ésta no se adquiere en la vertical cuando se ha terminado el soldeo, deberá corregirse la junta. Una moderada cantidad de martilleo puede dar la forma, pero no martillar en placas de 10 mm. ó más de espesor. Vaciar la soldadura con arco-aire y resoldar; no corregir sólomente el extremo. La vertical entera debe ser correcta.

SOLDADURA EN LA JUNTA CIRCUNFERENCIAL FONDO-ENVOLVENTE.

Esta soldadura puede ser trabajada en el momento que se quiera después que el primer anillo de la envolvente ha sido montado y todas las juntas verticales ajustadas y ensambladas con sus herrajes completos. El ajuste y el soldeo de la junta puede iniciarse antes que todas las verticales sean soldadas, pero no hacer ninguna operación bajo una vertical que no ha sido completamente soldada. Parar a un metro aproximadamente de la vertical no soldada. El procedimiento descrito, es el usado por CBI. Sin embargo para evitar problemas de contracciones mayores, es aconsejable soldar la junta fondo-envolvente hasta completar la soldadura del 3er. anillo de la envolvente (Véase Fig. 21).

La soldadura de un lado de la junta fondo-envolvente deberá hacerse antes que las placas irregulares sean soldadas una a la otra. Soldar un lado primero y hacer una prueba con líquidos penetrantes. Soldar el otro lado cualquier tiempo después.

Por la diferencia de espesores entre las placas de envolvente y las anulares o irregulares, es conveniente precalentar la junta antes de soldar.

Si se usa equipo automático de soldar, ambos lados deben soldarse simultáneamente y radiografiar la soldadura.

En fondos con placas irregulares perimetrales, dejar algunas placas sin soldar en las zonas bayoneteadas para fines de dre-

naje. No forzar los punzones o cuñas bajo la envolvente porque ésto puede fácilmente desnivelarla y crear problemas de pandeo. No hacer medios agujeros u otros cortes en la envolvente para drenar o por cualquier otra razón. Estos agujeros crean concentración de esfuerzos que pueden causar fallas.

MONTAJE DEL SEGUNDO Y DEMAS ANILLOS DE LA ENVOLVENTE.

Montar los anillos superiores con el equipo de levantamiento - disponible (ver Fig. 34).

En tanques con diámetro de 15,000 ó más metros (50' ó más), - las placas de la envolvente son embarcadas en los talleres con puntos marcados en los tercios de su longitud en el lado superior y por el interior. Montar las placas de modo que ambos extremos coincidan con los puntos marcados en el primer tercio de las dos placas inferiores adyacentes. (Véase Fig. 34).

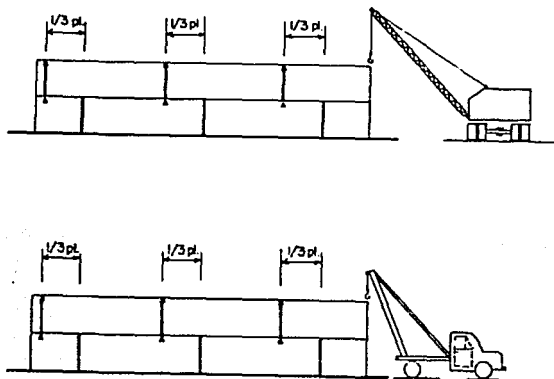


Fig. 34.- SECUENCIA DE MONTAJE SEGUNDO ANILLO Y SUBSECUENTES.

Amarrar cada placa al anillo inferior con canales rigidizantes y se paradores como se muestra en la Fig. 35 .

Los separadores se usarán en la junta horizontal aún cuando - no haya abertura de la raíz. Esto elimina la necesidad de emplear las barras en U antiguamente usadas para ajustar la costura circunferencial. Los separadores deberán espaciarse alrededor de 1.20 m. (4'). Siempre asegurar el borde extremo - de la primera placa montada, con uno de los métodos ilustrados en la Sección 2 de la Fig. 35 . Usar cuando menos tres (3) canales rigidizantes por placa. Si el montaje de anillo se interrumpe por cualquier razón (acabarse el material de placas, la hora de la comida, etc.), asegurar el borde de ataque de la última placa montada como se indica en la sección 2 de la - Fig. 35 . Evitar dejar un anillo incompleto durante la noche.

Las placas de menos de 6 mm. (1/4") de espesor presentan problemas especiales. Debido a que éstas generalmente no son rodadas, deberá usarse un tamaño apropiado de separadores para curvar las placas y sujetarlas para evitar se lleguen a caer. Soldar una placa de sujeción cruzando la junta horizontal, más ó menos a 1.00 m. (3') del lado del ataque de cada placa de menos de 10 mm. (3/4") de espesor, cuando se estén montando.

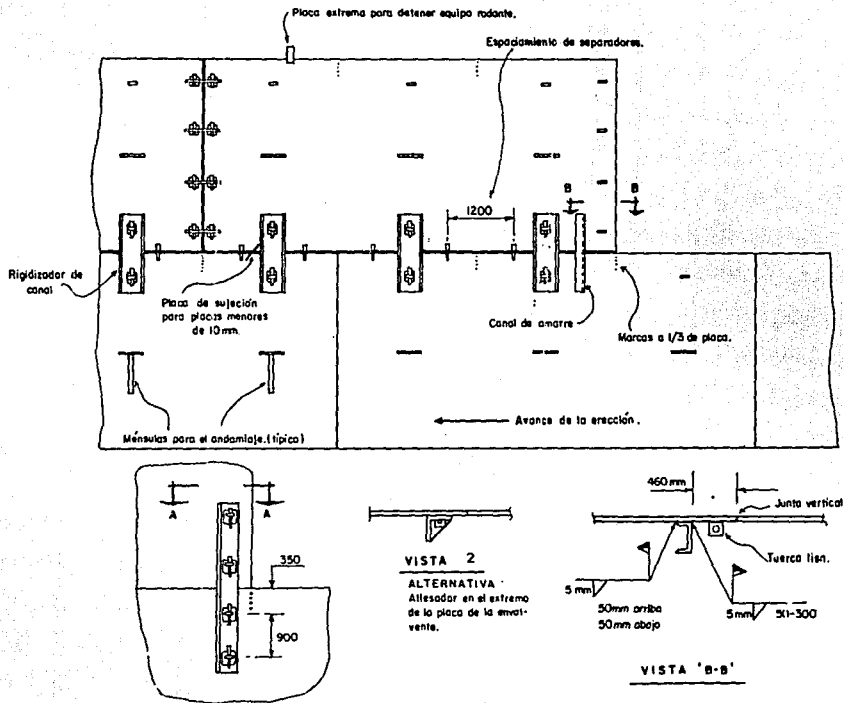
Evitar agrupar equipo rodante (máquinas de soldar automáticas) en placas delgadas y en el extremo de placas de anillos incompletos. Especialmente cuando se usa andamiaje exterior, no se permiten mangueras para aire ni cables para las máquinas de soldar colgados entre el equipo rodante y el centro del tanque. Suspender estos aditamentos verticalmente y adosarlos a la pared de la envolvente.

Ajustar y soldar las juntas verticales.

AJUSTE Y SOLDEO DE JUNTAS HORIZONTALES (CIRCUNFERENCIALES).

Si no se usa el sistema de erección del punto a un tercio de la longitud de una placa (ver Fig. 34)., no soldar la junta horizontal hasta que todas las verticales arriba y abajo de la - misma , han sido previamente soldadas en su totalidad. Si no se sigue esta regla, al cerrar el anillo puede faltar o sobrar placa debido a la contracción del material por el soldeo vertical.

El método de erección del punto a un tercio, es útil si se usa correctamente. Esto es especialmente cierto cuando la junta -



horizontal es soldada automáticamente. En tanques soldados con este procedimiento, el soldeo de la junta a menudo se inicia antes que todas las verticales sean soldadas y algunas veces antes que la última placa sea montada.

Sin embargo, no sujetar la junta horizontal si se pasa por juntas verticales deben tener libertad para contraerse cuando se están soldando y no deben estar frenadas por las juntas horizontales punteadas o soldadas.

Cuando se diseña una envolvente cuyos anillos están formados por un número determinado de placas exactamente de igual longitud, si las placas de cada anillo no son montadas y ajustadas en su posición correcta, podría haber dificultades en montar y ajustar la última placa, pues la longitud del claro donde debería alojarse dicha placa, podría no corresponder a la longitud de la placa. Con la junta horizontal ya parcialmente soldada, llegaría a ser muy difícil distribuir el exceso de placa en la envolvente ya montada. En México se acostumbra diseñar con cierto número de placas iguales y una última placa, de mucho menos longitud llamada 'placa de ajuste', la cual se envía un poco más larga y se corta y se adapta en el campo.

Con el punto marcado a un tercio, cada placa puede ser colocada en su ubicación correcta. Cada placa adicional que se monta debería tener su extremo correcto, coincidiendo sobre la marca al tercio. Podrían montarse muchas placas largas y cortas regresando los puntos al tercio de longitud.

PROBLEMAS AL AJUSTAR JUNTAS HORIZONTALES.

Al ajustar las juntas horizontales se presentan dos problemas: alineamiento de las placas y variación de la abertura de la raíz.

ANILLOS LARGOS O CORTOS.

Con la tolerancia aceptable para la longitud de las placas, puede suceder que el desarrollo del anillo resulte ligeramente más largo ó más corto. Cuando se trabaja con herramienta en cualquier tipo de junta, el ajustador deberá estar consciente cómo sus herrajes están afectando otra parte de la estructura. Mientras se está ajustando la junta horizontal, debería observar una y media ó dos placas más adelante y tomar las medidas pertinentes, según el caso.

- 1) Si hay una placa corta adelante, el ajustador puede aflojar algo las placas de adelante y hacer el ajuste.
- 2) O si el sujetador está trabajando en una placa corta, él puede conseguir el aflojamiento de una placa larga de adelante.
- 3) Si un anillo resulta más pequeño, el ajustador debe mover el eje de las placas del mismo hacia adentro.
- 4) Si un anillo resulta más grande, se debe mover el eje de las placas hacia afuera.

Los códigos cubren la tolerancia admisible en el desalineamiento de la junta horizontal. La tolerancia por desalineamiento se refiere a la cantidad que la placa superior sobresale horizontalmente de la inferior ya sea hacia adentro o hacia afuera.

TRABES PERIMETRALES DE REFUERZO CONTRA EL VIENTO.

Antes de montar estos miembros, revisar la redondez de la parte superior del tanque. También revisar la verticalidad de la envolvente en cada junta vertical del último anillo, para tolerancias permisibles. Si el tanque no está redondo o la envolvente no está a plomo, revisar la horizontalidad del anillo de cimentación y hacer las correcciones requeridas antes de montar la trabe de refuerzo.

- 1) Trazar la localización de la sección correspondiente de la escalera exterior de la envolvente.
- 2) Trazar la localización de las ménsulas de soporte en la envolvente.
- 3) Montar las ménsulas.
- 4) Levantar las secciones de la traba y apoyarlas en las ménsulas. Sujetar las juntas a tope con candados entre una y otra sección.
- 5) Colocar la protección con cables en la trabe alrededor del tanque.
- 6) Ajustar y fijar todas las juntas a tope de la traba, excepto una. Asegurarse que estas juntas tengan la abertura apropiada a todo su largo. Esto ayudará a mantener la trabe redondeada al radio de diseño. Con el uso de una cercha revisar que la curvatura sea la correcta.

- 7) Soldar todas las juntas a tope de la trabe, excepto una.
- 8) Empezando en la parte opuesta a la junt. no soldada, traba-
bajar en ambos sentidos alrededor del tanque fijando la
trabe a la envolvente.
- 9) Ajustar y soldar la junta a tope que quedó pendiente.
- 10) Soldar la trabe a la envolvente.
- 11) Ajustar y soldar la trabe a las ménsulas.
- 12) Revisar el diámetro del tanque nuevamente.

LIMPIEZA DE LA ENVOLVENTE DEL TANQUE.

La superficie exterior e interior de todos los tanques y todas las que se van a pintar, se limpiarán como sigue:

- 1) Remover la escoria y las salpicaduras de las soldaduras.
- 2) Con cincel, limpiar las rebabas de los cordones.
- 3) Cincelar, alisar y pulir esmerilando donde se requiere remover salientes puntiagudos y ásperos.
- 4) Remover acumulaciones de lodo, polvo y otras substancias extrañas antes de levantar y montar las placas en su lugar.

Además no arrastrar material con la primera mano de pintura aplicada en el taller. En el interior de los tanques de techo flotante, todos los salientes puntiagudos de más de 1.5 mm.-- (1/6") de altura, deberán ser cincelados de modo que queden superficies lisas. Cualquier saliente que proyecte filos o puntas, debe ser esmerilado.

MONTAJE DEL TECHO FLOTANTE.

GENERALIDADES.

Los tanques de techo flotante fabricados y montados hasta ahora de 500,000 barriles de capacidad, han sido diseñados con los techos a base de diafragmas sencillos, pontón perimetral, tubosello y una serie de boyas repartidas simétricamente en toda la superficie exterior del diafragma. El funcionamiento en conjunto del pontón y las boyas es, por lo tanto, la más simple, lógica y económica respuesta al problema de suministrar flotación en tanques de gran diámetro. El tamaño, cantidad y forma de boyas varía con las condiciones especiales de cada proyecto y capacidad de los tanques.

El volúmen de flotabilidad proporcionado por el pontón y las boyas es más que el adecuado para sostener el diafragma flotando, si ocurriese una rotura. Por lo que se refiere a los tanques de 200,000 a 550,000 barriles, el diseño del techo es más sencillo. Sólomente consta del tubo-sello, diafragma sencillo y pontón perimetral, cuyas dimensiones son las correctas para mantener flotando al diafragma.

SECUENCIA DE MONTAJE DEL TECHO.

El montaje del techo flotante se puede iniciar una vez que se haya terminado de soldar el fondo y los tres primeros anillos de la envolvente del tanque. En términos generales, las manobras del montaje se llevan a cabo siguiendo el orden indicado a continuación.

Las operaciones detalladas de cada paso, se describen en los párrafos que siguen más adelante.

- 1) Ensamble del pontón y su montaje.
- 2) Armado de una obra provisional de apuntalamiento para apoyar el diafragma.
- 3) Arreglo y tendido de las placas del diafragma del techo.
- 4) Secuencia del soldeo del diafragma.
- 5) Instalación de boyas y de los postes de soporte definitivos del techo y pontón.
- 6) Instalación de accesorios como el sistema de drenaje del techo, escaleras interior y exterior, guía antirotación.

SUB-ENSAMBLE Y MONTAJE DEL PONTON.

Las partes principales del pontón son: la envolvente exterior 1, compuesta de dos placas, la superior 1A. y la inferior 1B. en los tanques de 500,000 Bls. (Fig. 36) y en los de menor capacidad solamente la placa 1 de una sola pieza (Fig. 36), la envolvente interior 2, el sector superior 3 y el inferior 4. Lleva además otros elementos como registros de hombre, placas separadoras de compartimientos, soporte del pontón en el fondo, etc.

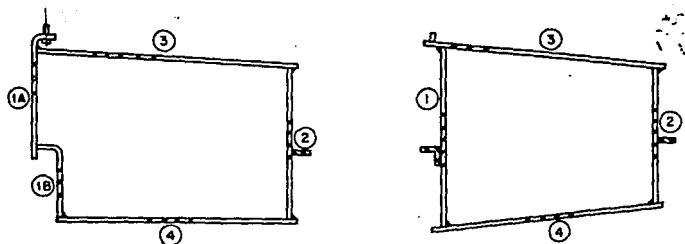


Fig. 36.- PARTES PRINCIPALES DEL PONTÓN.

Normalmente el pontón se fabrica en secciones de largos manejables. Estas secciones se transportan al campo con todos sus elementos sueltos para ensamblarlos en la obra misma. - Esto se puede hacer fuera del tanque sobre una cama bien nivelada ó en el interior del mismo, directamente sobre el fondo, pero tomando en cuenta su pendiente, nivelado el sector interior 4 con calzas. Sígase el órden de armado siguiente pero consultando siempre los planos de montaje respectivos:

- a) Iniciar el ensamble por secciones, teniendo las placas del sector inferior de cada sección sobre la cama nivelada o dentro del tanque, donde se prefiera. Calzarlas para ponerlas a nivel. Unirlas entre sí, punteando las juntas radiales.
- b) La envolvente exterior del pontón, como ya se indicó, consta de dos partes en los tanques de 500,000 bls; colocar la inferior sobre la cubierta o sector inferior. En los otros tanques, la envolvente viene de una pieza, puntearla al sector inferior.
- c) Colocar placas divisorias de los compartimientos del pontón, punteándolas a la envolvente y al sector inferior.
- d) Colocar 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 también las placas divisorias de los compartimientos conforme se vaya cerrando el pontón. Cuidar que no coincidan las juntas verticales de las envolventes con las uniones radiales de ambos sectores.
- f) Seguir la misma secuencia de ensamblado indicada para la primera sección del pontón en las restantes, montándolas

a una altura adecuada y en forma provisional, tal como se indica en la Fig. 37 . Pueden emplearse separadores en las juntas verticales de las envolventes, ajustando y ligando todas las secciones hasta cerrar el círculo del pontón. Se permite usar placas de cierre en el ajuste final.

- g) SOLDEO DEL PONTON. Una vez ensamblada y montada con apoyos provisionales, cada una de las secciones, iniciar el soldeo de las mismas, primero las envolventes exterior e interior al sector inferior; soldar luego las juntas radiales y las verticales entre las secciones, al mismo tiempo soldar las placas de los compartimientos a las envolventes y al fondo del pontón y finalmente el sector superior o tapa a las mismas envolventes. Es necesario disponer en todo momento de un juego de planos de montaje del pontón y consultarlo constantemente para los efectos del soldeo y trazos de todos los elementos adicionales que lleva, como registros, gufa antirotación, camisas para los soportes y sus refuerzos, ángulos de sostén del sello y solera circunferencial de apoyo del diafragma.

OBRA FALSA PARA APOYO Y ARMADO DEL TECHO.

Una vez soldado en su totalidad el pontón pero instalado provisionalmente, a fin de tener una superficie nivelada para el montaje del diafragma, es necesario proyectar un sistema de obra falsa para tender las placas del techo en un plano horizontal con respecto al fondo cónico del tanque.

Un proyecto sencillo de obra falsa, es utilizar un sistema de apoyos ajustables del diafragma, con tabloncillos colocados radialmente, de los utilizados en los andamiajes, de 2" X 8" X 8' y 10' (lo que haya disponible), a fin de obtener la horizontalidad que se necesita.

La Fig. 39 , indica un arreglo típico de los componentes del sistema de apuntalamiento. Se pueden introducir variantes a este arreglo, siempre que se mantenga la condición de lograr una superficie a nivel.

Los apoyos ajustables son tubos cuyo extremo inferior con varias perforaciones longitudinales, se introduce en una camisa tubular con las mismas perforaciones y una placa de base soldada a la camisa, pero inclinada a la misma pendiente del fondo del tanque (Fig. 39). Por su extremo superior, lleva -

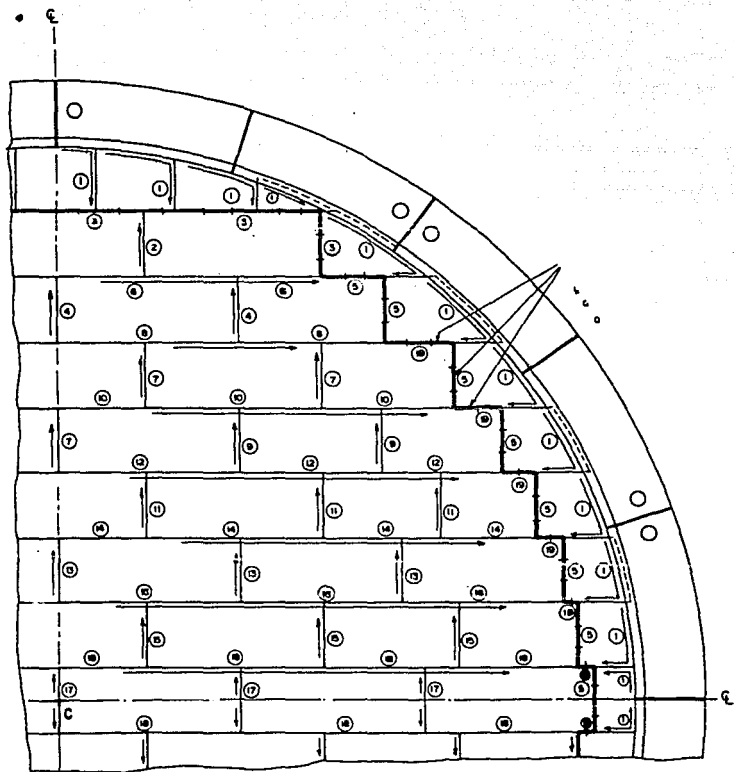


Fig. 37.- SECUENCIA DE SOLDADURA EN LAS PLACAS INFERIORES, RADIALES DEL PONTON.

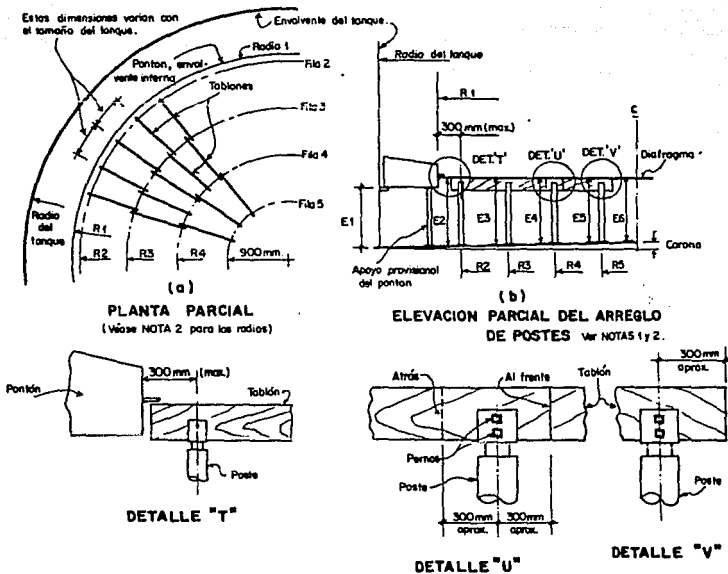
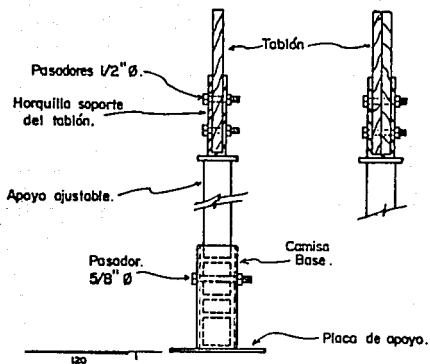


Fig. 38.- ARREGLO TÍPICO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE APUNTALAMIENTO.



Detalle de un poste

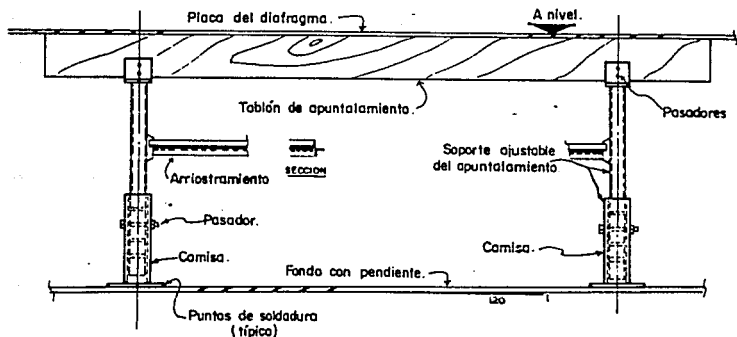


Fig. 39.- DETALLE DE UN POSTE DE APUNTAMIENTO.

soldada una horquilla hecha con placas de 13 mm. de espesor , donde se apoyan los tablonces radiales, en los soportes - donde hay empalme de tablonces. En ambos casos, los tablonces se fijan a las horquillas con un par de pernos de 16 a 19 mm. de diámetro. Mediante la serie de agujeros en la base de los postes, se logra uniformizar las alturas para tener los tablonces en posición horizontal. Se sugiere que cada poste sea fijado al fondo del tanque con puntos de soldadura, debiendo arriostrarse convenientemente con perfiles angulares en estrella, conectados horizontalmente más o menos a la media altura de los postes de sostén, para impedir que éstos se muevan, mientras se está tendiendo el techo.

En la Fig. 40 , se muestra en forma esquemática el arreglo general de la obra falsa con sus soportes arriostrados y - listos para recibir las placas del diafragma.

ARREGLO Y TENDIDO DE LAS PLACAS DEL DIAFRAGMA.

Con método semejante al usado para el tendido de las placas del fondo, se tienden y se ajustan las placas del techo a base de diafragma sencillo, sobre la obra provisional de apuntalamiento avanzado de la periferia hacia el centro del tanque. Los distintos conceptos tales como líneas de drenaje, boyas, registros, etc., deberán introducirse al tanque antes de completar el tendido del diafragma. La Figura # 41 , exhiben los dos arreglos usuales de tendido de placas de diafragma.

SECUENCIA DEL SOLDEO DEL DIAFRAGMA.

Las Figuras mencionadas en el párrafo anterior, indican también la secuencia de la soldadura en las placas del diafragma. Como en el fondo, soldar siempre del centro hacia la periferia. El uso de candados en las juntas entre las placas horizontales y las irregulares, está permitido, pues evitarán deformaciones mayores del diafragma en estas partes. Todas las recomendaciones dadas para el soldeo del fondo del tanque, son aplicadas a la soldadura del diafragma.

INSTALACION DE BOYAS Y DE SOPORTES DEFINITIVOS DEL TECHO.

En la Fig. 42 , se sugiere un arreglo de boyas y de los postes de soporte. Se notará que algunos de los postes caen directamente en costuras de soldadura.

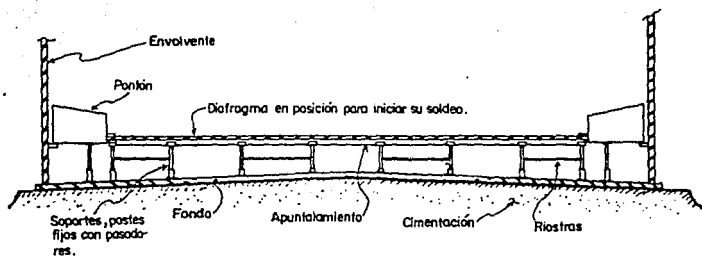


FIG. 4. 2. 2d

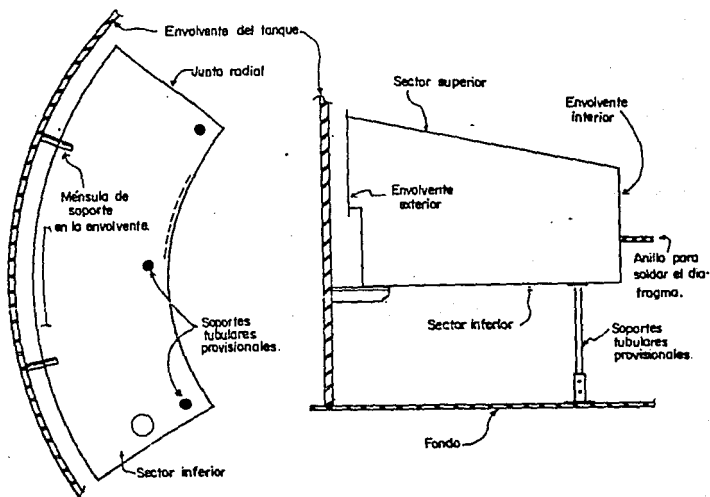
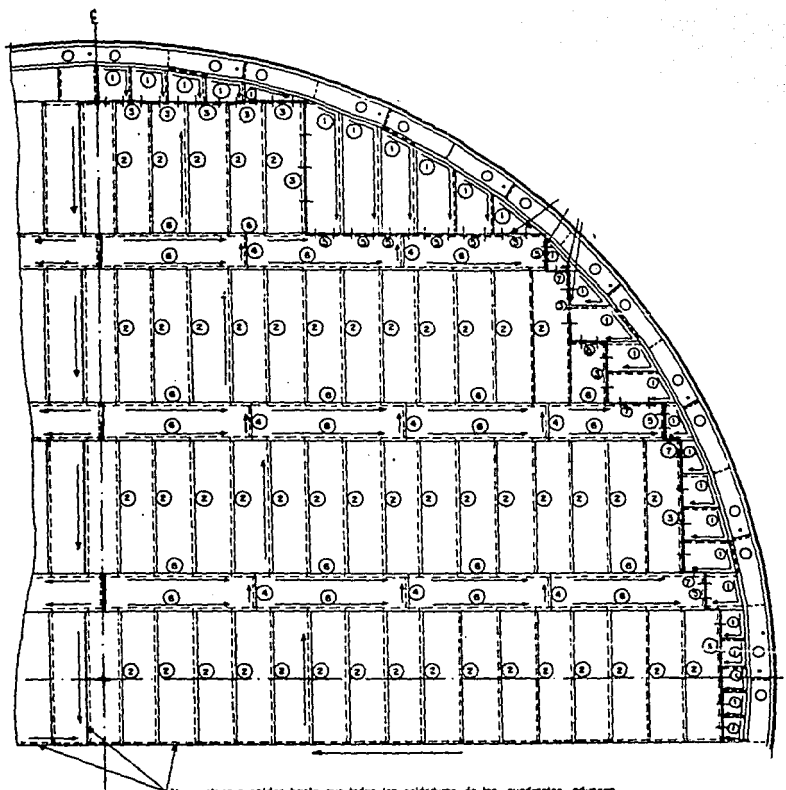


Fig. 40.- ARREGLO GENERAL DE LA OBRA FALSA.



No puntear o soldar hasta que todas las soldaduras de los cuadrantes adyacentes del diafragma han sido terminados. Cuando se haga, el avance del soldo se hará de la conexión al pontón hacia el centro del tanque.

Fig. 41.- TENDIDO DE LAS PLACAS DEL DIAFRAGMA.

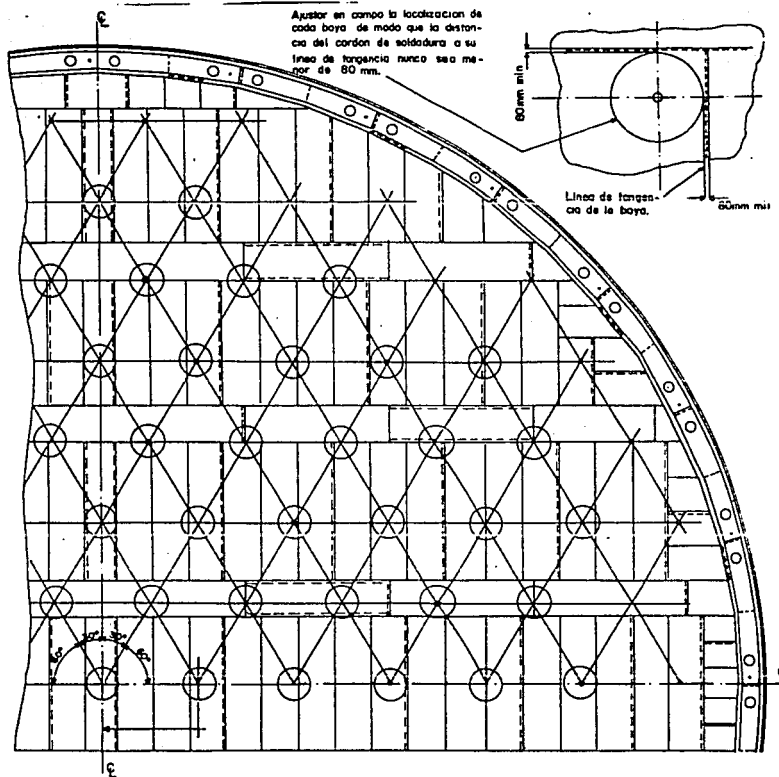


Fig. 42.- ARREGLO GENERAL DE BOYAS Y POSTES DE SOPORTE.

Se recomienda en éstos casos, que éstos apoyos sean relocali-
zados en el campo de modo que no coincidan con las juntas solda-
dadas del diafragma.

Agregando a lo anterior, será necesario desviar boyas (donde
sea necesario) una pequeña distancia a fin de situarlas a -
unos 75 mm. mínimos, o bien moverlas a quedar sobre la cos-
tura. Soldarlas al diafragma y abrir agujeros para el paso
de las camisas de sus postes de apoyo. Insertarlas en el -
agujero de la placa de refuerzo y soldarlas.

Después de la instalación de la totalidad de las boyas y alo-
jados los postes de apoyo en sus camisas en el diafragma y el
pontón, es necesario asegurarlas mediante pasadores. Véase =
los planos de montaje correspondientes a cada capacidad de -
tanques, consultándolos cuantas veces sea necesario. Se ha -
rán las pruebas correspondientes de toda la instalación de las
soldaduras finales.

Para asegurar los postes a su camisa correspondiente como se
indica en el plano de montaje, es necesario elevar el dia -
fragma hasta 15 mm. para insertar el perno de sujeción. Se
sugiere una técnica a base de gatos apoyados en bastidores
hechos de fierro plano. La Fig. 39 indica el método mencio-
nado y la técnica desarrollada para efectuar la operación, -
así como el detalle de los elementos del bastidor para su fa-
bricación.

Después de que se ha terminado la instalación definitiva de la
totalidad de los postes, la obra falsa de soporte puede ser -
desmantelada y siguiendo a ésto, ya se pueden instalar los dre-
najes del techo y los registros.

INSTALACION DE ACCESORIOS

Terminado el montaje del diafragma, proceder a la instalación
de los accesorios complementarios requeridos para el funciona-
miento del techo flotante, de acuerdo con las recomendaciones
siguientes:

- 1) Localizar y alinear los carriles de la escalera rodante y
las orejas que van soldadas a la placa de extensión de la en-
volvente. Tener especial cuidado en la instalación de los -
carriles para el desplazamiento de la escalera.
- 2) Armar las secciones de la escalera sobre los carriles en

en su posición extrema horizontal. Soldar las secciones entre sí y levantar el extremo superior hasta ensartar el perno de articulación. Hacer la instalación completa antes de la prueba de llenado con agua.

3) Escalera exterior en espiral. El montaje de esta escalera se lleva a cabo después de terminada la erección y soldeo de la envolvente del tanque. Seguir el orden del montaje del extremo inferior al superior.

4) Localizar el indicador de nivel sobre la extensión de la envolvente y con plomada localizar sobre el pontón, el pozo del flotador. Colocar éste, soldarlo y comprobar su hermeticidad.

5) Localizada la posición de la guía antirotación, colocar el soporte superior y con plomada transportar la abertura de la camisa-guía en el pontón y la posición del soporte inferior; armar y soldar el conjunto y verificar la hermeticidad de la camisa-guía. La instalación se hará antes del llenado del tanque con agua.

6) Localizar las válvulas automáticas de venteo, abrir sus agujeros, montar camisas sobre el diafragma y soldar.

7) Localizar e instalar pozos y registros de muestreo, ventilas manuales, barras centradoras, guardar mangueras, parrillas de drenaje, etc. Toda perforación hecha al diafragma, deberá verificarse con líquido penetrante después de soldar el accesorio.

INSTALACION DEL TUBO-SELLO.

GENERALIDADES.

El sistema de sellado para los tanques de techo flotante en uso de Pemex, es denominado tubo-sello. Se trata de un dispositivo ideado para cerrar herméticamente el espacio anular entre el pontón perimetral del techo flotante y a la envolvente cilíndrica o pared del tanque. Es un tipo de sello muy efectivo para reducir a un mínimo las pérdidas por evaporación del producto almacenado, minimizando el escape de los vapores al medio ambiente. La adopción por parte de Pemex del tipo de sello descrito, se basó en su alta eficacia con relación a otros tipos de diseño mecánico y con materiales metálicos.

El tubo-sello consta esencialmente de un tubo flexible, banda de desgaste y protección de la instalación principalmente contra la lluvia. El tubo expansible tiene un soporte adicional de apuntalamiento. El tubo se llena generalmente con petróleo diáfano pero pueden usarse otros líquidos si son compatibles con el material del tubo y con el rango de temperatura ambiente entre el verano y el invierno, en zonas de clima extremo. Como el tubo que es propiamente el sello, se llena con un líquido, se acomoda asimismo a las menores irregularidades de la envolvente tales como las costuras de las soldaduras. Las Fig. 43 y 44, representan la instalación completa del tubo-sello así como sus partes componentes.

El tubo y la banda de desgaste, se fabrican con hule sintético resistente a la abrasión y a los elementos químicos del crudo y de los productos ligeros almacenados. El rango de temperatura para el material estandar es de $29^{\circ}\text{C A} + 93^{\circ}\text{C}$ - ($20^{\circ}\text{F A} + 200^{\circ}\text{F}$). Se dispone sin embargo, de fórmulas especiales para la fabricación de sellos para condiciones más severas del medio ambiente.

INSTRUCCIONES PARA LA INSTALACION DEL SELLO.

A continuación se expone la secuencia que se sigue para la instalación correcta del tubo-sello, aplicando las instrucciones contenidas en el plano respectivo.

- 1) Antes de iniciar la instalación del tubo, deberá estar completamente montado y soldado el fondo, la envolvente y el techo flotante del tanque. El techo apoyado en el fondo con sus soportes definitivos y concéntrico con la envolvente del tanque. Revisar que la separación entre la envolvente exterior del pontón y la pared del tanque, esté de acuerdo con las dimensiones del plano de montaje. La envolvente del pontón deberá estar completamente vertical sin ninguna curvatura o comba en su parte superior.
- 2) Cada dos tornillos, uno sí y el otro no, localizados en el sector superior del pontón, están en línea directamente con cada agujero del ángulo inferior de sujeción. Es suficiente verificar más o menos cada diez pernos con sus correspondientes agujeros del ángulo, que estén en línea y comprobar igualmente que sus separaciones sean las mismas.
- 3) Los tornillos deberán soldarse al pontón y todas las diversas soldaduras y esmerilados del sector superior del pontón, deberán completarse antes de instalar la banda de desgaste.

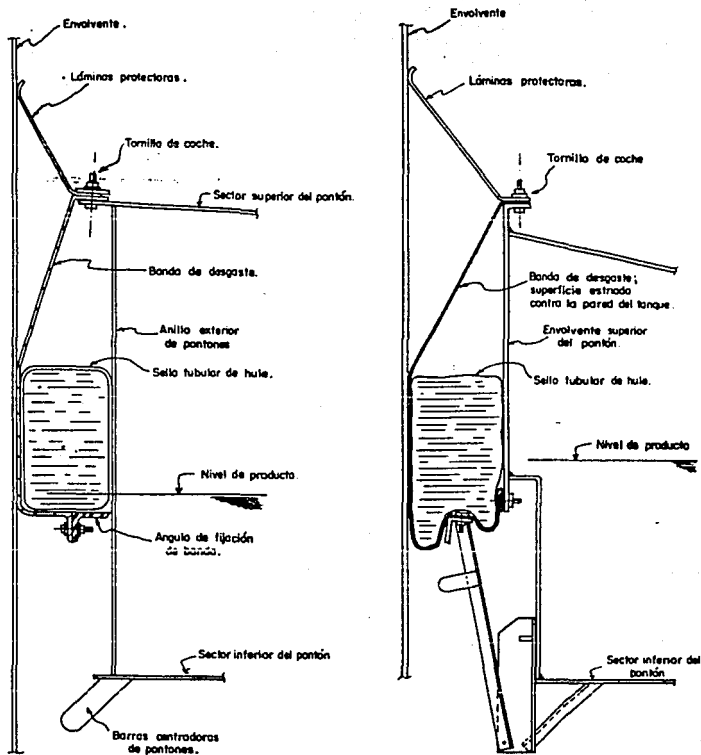


Fig. 43.- INSTALACION DEL TUBO SELLO.

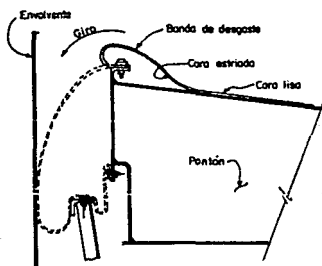
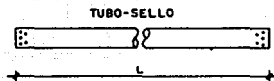


FIG. 5.2a



L = 270,053 mm en tonques de 500 MB.
 L = 172,974 mm en tonques de 200 MB.
 L = 128,778 mm en tonques de 100 MB.
 L = 96,317 mm en tonques de 55 MB.

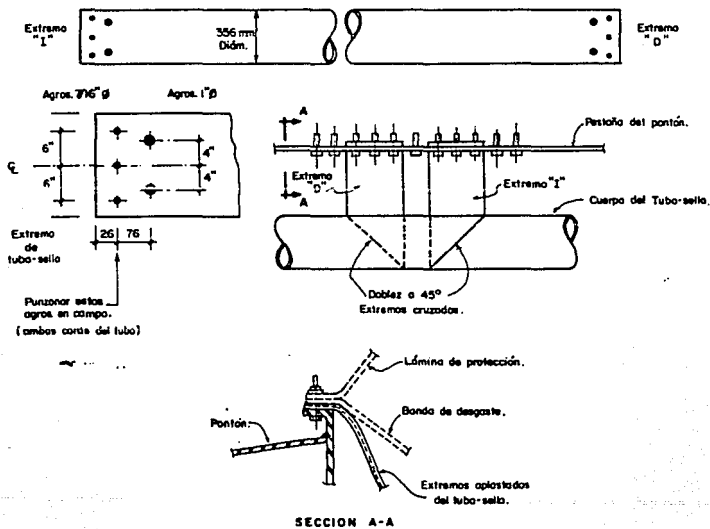


Fig. 44.- PARTES COMPONENTES DEL TUBO SELLO.

- 4) Las juntas verticales del ángulo inferior de sujeción, deberán estar alineadas y al ras; soldarlas y esmerillarlas a dejarlas alisadas. Cualquier saliente en las alas del ángulo, también será rebajado.
- 5) Salpicaduras de soldaduras, rebabas y cualquier otro saliente que haya en el espacio donde se alojará el sello, deberán ser removidos.
- 6) Antes de desempacar la banda de desgaste y limpiar el tubo-sello, bariendo el diafragma y el pontón. La banda y el tubo vienen en cajas separadas y éstas se abrirán hasta que se requiera.
- 7) La banda de desgaste tiene una cara lisa y otra estriada. Se instalará como un anillo continuo, pero viene en varios tramos. Desempacar éstos cuidadosamente, desenrollarlos sobre el pontón y empalmarlos siguiendo las instrucciones del plano de montaje. Tender la banda con su cara lisa hacia arriba y con las perforaciones para insertar los tornillos del pontón cada 152 mm. (6") hacia el interior del tanque. Fijar la banda en los tornillos como se muestra en la Fig. 44 y haciendo un giro de la banda para que su cara estriada mire hacia la envolvente del tanque; descolgarla en el espacio entre pontón y envolvente y apoyarla en el ángulo inferior de sujeción. Colocar en forma provisional, soleras de fijación (las que traen agujeros ovalados) aproximadamente a cada metro y apretar sin deteriorarla por exceso de apriete. Después se atornillarán en forma definitiva al instalar el tubo-sello y las láminas de protección. Atornillar la banda al ángulo de fijación. Atornillar la banda al ángulo de fijación inferior, usando tornillos de coche con la cabeza alisada hacia la envolvente. No apretar los tornillos. En los tanques de 500,000 barriles, la banda se fija abajo en dos apoyos: en el ángulo inferior sobre el brazo angular y directamente en la placa inferior 1B de la envolvente exterior del pontón (Fig. 43). En los tanques de --- 200,000 a 55,000 Bls. de capacidad, solamente se fija la banda en un ángulo inferior y con su solera correspondiente de sujeción (Fig. 43). Al apretar los tornillos después de instalado el tubo-sello, se obtendrá un sello líquido hermético.
- 8) Después de completar el atornillador provisional en el

ángulo inferior, desempacar el tubo-sello inspeccionando el interior de la caja, por si hay tubos que hayan picado el tubo. Sacarlo con mucho cuidado para evitar una picadura. Desenrollarlo y tenderlo cerca del perímetro exterior de la tapa del pontón. Todas las torceduras y arrugas en el tubo deberán suprimirse, alisándolo cuando se está extendiendo. Preparar sus extremos (Fig. 44) aplastando las puntas y punzonar los tres agujeros de 11 mm. (7/16") a las distancias indicadas. Los dos agujeros de 25.4 mm (1") en cada extremo ya vienen hechos de fábrica y sirven de respiradero y purga.

- 9) Vaciar el tubo por un extremo aproximadamente 40 litros de petróleo diáfano. Sostener el extremo levantado a unos 2.00 metros aproximadamente elevar el tubo a la misma altura para acumular el líquido en el columpio resultante e inspeccionar el tramo cuidadosamente para descubrir posibles fugas. Entre dos trabajadores, repetir esta operación recorriendo la longitud total del tubo y con el líquido sostenido en su parte baja, buscar señales de goteo o humedad. Reparar a caso necesario con el equipo de reparación que se suministra. Revisado el estado del tubo-sello, proceder a colocarlo en su lugar descolgando de los tornillos del pontón la bandeja de desgaste, en una longitud de 2.50 a 3.00 mts., dejando caer el tubo sobre la banda. Dóblese los extremos del tubo con el doblez hacia el pontón y fíjense en los tornillos soldados del doblez (Fig. 44). Subir y enganchar la banda en los tornillos. Repetir esta operación en toda la longitud del tubo. Al colocarlo, asegurarse que su costura longitudinal quede al lado del pontón y deberán tomarse todas las precauciones para no lastimarlo con las cuerdas de los tornillos o las aristas metálicas.
- 10) Después de colocado todo el tubo y la banda de desgaste enganchada en su lugar (no tornillada), proceder a llenar el tubo-sello insertando la punta de la manguera de llenado en el extremo del tubo-sello más allá del doblez a 45° con el otro extremo ensartado y sin apretar las tuercas. Vaciar líquido hasta completar la primera cuarta parte de la cantidad total especificada. Para el llenado desprender la banda de desgaste de tres en tres tornillos y efectuar una minuciosa inspección del sello, serciorándose que el tubo esté liso, sin arrugas o torceduras. No desprender la banda de tres tornillos, si no se han enganchado los tres anteriores. Seguir llenando hasta completar la segunda cuarta parte, parar y efectuar una nueva revisión.

Continuar en la misma forma hasta que el tubo esté completamente lleno con la cantidad normal que es casi siempre alrededor del 80% de la cantidad total estipulada en el plano de montaje respectivo. Esta cantidad es suficiente si después de apretar todos los tornillos, existe un contacto hermético con la envolvente del tanque en toda la periferia. Es preferible usar petróleo diáfano para llenar el tubo; podría usarse agua en climas no fríos y aún en regiones frías pero en este caso deberá agregársele una solución anti-congelante. Nunca deberá emplearse agua salada.

- 11) La parte inferior de la banda de desgaste será inspeccionada después de 24 horas de efectuada la operación de llenado, para buscar fugas o disminución de la presión del tubo-sello. Si ésto ocurre, es indicación de una fuga en el tubo; reinspeccionarlo para descubrir puntos de humedad que pudieran existir y reparar en su caso.
- 12) Instalar las láminas de protección contra la lluvia en el orden indicado en el plano de montaje. Fijarlas con las soleras de retención que presionarán también la banda de desgaste y el tubo-sello. Véase la Fig.
- 13) Para cualquier ponchadura o piquete que pudiere desarrollarse en el tubo, se pueden hacer las instalaciones de acuerdo con las instrucciones que se adjuntan en cada equipo de reparación.
- 14) Verificar nuevamente que toda rebaba, borde, cordón de soldadura, salpicaduras, etc. en la parte interior de la envolvente haya sido alisada totalmente, tanto arriba del sello como abajo del mismo, ya que en operación el techo puede estar a su altura máxima como en la parte más baja a nivel de apoyo en el fondo.
- 15) Inspeccionar cuidadosamente que no queden en el interior del tanque, herramienta, andamios, etc. y barrer el fondo para dejarlo limpio.
- 16) Conectar y probar la hermeticidad del sistema de drenaje del diafragma con la cual queda terminado el montaje del techo flotante.
- 17) Se prepara en seguida la prueba de flotación, llenando el tanque con agua hasta desbordarse. Durante el primer ciclo de recorrido del techo hasta el nivel superior y re-

greso al fondo, observar cuidadosamente la cara superior del diafragma y el interior del pontón y boyas para determinar si hay fugas. Durante la travesía hacia arriba puede suceder que se libere algo del líquido del tubo-sillado para lo cual se han dejado los extremos sin prensar. Concluido el recorrido, se colocarán las placas de protección faltante y las barras de fijación del tubo-sello.

ACCESORIOS

INSTALACION DE ACCESORIOS

Registros de hombre, boquillas y otros accesorios deberán instalarse y soldarse apropiadamente para impedir la formación de grietas, cuando están sujetas a esfuerzos altos, pueden extenderse en la envolvente del tanque causando fallas desastrosas.

Los cortes en la envolvente para la entrada de las boquillas - deberán hacerse con exactitud. La periferia de la abertura debe estar lisa y libre de cortaduras, de bordes o cantos ásperos y esquinas con filos. Toda la escoria, rebabas o recortes deberán removerse antes de soldar las esquinas redondeadas con esmeril. Siempre que sea posible, no deberán diseñarse entradas rectangulares o cuadradas. Cuando sea necesario hacerlo, las esquinas deberán redondearse con un radio no menor de --- 150 mm. Las boquillas también deben estar bien acabadas con esquinas esmeriladas, bien alisadas, libres de grietas y recortes. Todas estas preparaciones deberán hacerse antes de iniciar la soldadura de las boquillas.

LOCALIZACION DE ACCESORIOS. Usar el esquema de localización de boquillas y registros normalmente referido al corte constructivo. En casos especiales puede requerirse localizar una boquilla en el campo a petición del usuario y por una condición especial. Para cumplir con los requerimientos mínimos de distancias de los cordones de soldadura entre refuerzos y del fondo al cordón de la boquilla más baja, consultar el API 650 sección 3.7.3. o véanse las Figuras

Siempre habrá que notificar a Ingeniería de Diseño a través de Supticia. Local de Construcción, cuando por necesidad de servicio, se hagan modificaciones en el campo al diseño original del tanque. Ingeniería deberá revisar los planos originales y ponerlos al día para incluir las modificaciones o cambios hechos por construcción.

SOLDEO DE ACCESORIOS

El proceso de soldeo en la periferia de las aberturas de entrada de las boquillas crea esfuerzos de contracción, los cuales pueden ser mejor controlados usando el procedimiento en 'cascada', en la secuencia apropiada.

La Fig. 45 muestra un detalle seccional de una boquilla con las soldaduras marcadas A, B y C. Siempre hágase primero la soldadura A y luego la B y finalmente la C.

La Fig. 45 ilustra el método de soldeo en "cascada". Se piensa que al aplicarlo se sostiene el accesorio caliente durante el soldeo. No martillar la primera y la última capa pero sí se permite en las capas intermedias para evitar grietas y distorsiones. Después de iniciar el soldeo alrededor de cualquier entrada, debe continuarse sin interrupción hasta que toda la soldadura es completada y mientras el área está aún caliente.

Siempre que las condiciones de viento y la temperatura del medio ambiente son tan severas que el método en cascada no mantiene la boquilla caliente, la placa de la envolvente, la de refuerzo y el cuello de la boquilla, deberán pre-calentarse a 40° C y sostener esta temperatura hasta que la boquilla se ha soldado totalmente. No depositar cantidades excesivas de electrodo fundido. Las soldaduras de filete deberán ser de las dimensiones especificadas en los planos de diseño.

'A' es soldado primero
 'B' es soldado despues
 'C' es soldado al último

use 'el metodo de cascada' (6.2 b)

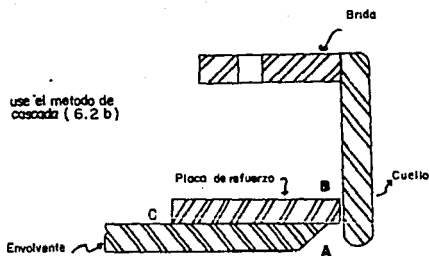


Fig. 62a Secuencia de soldado en una boquilló

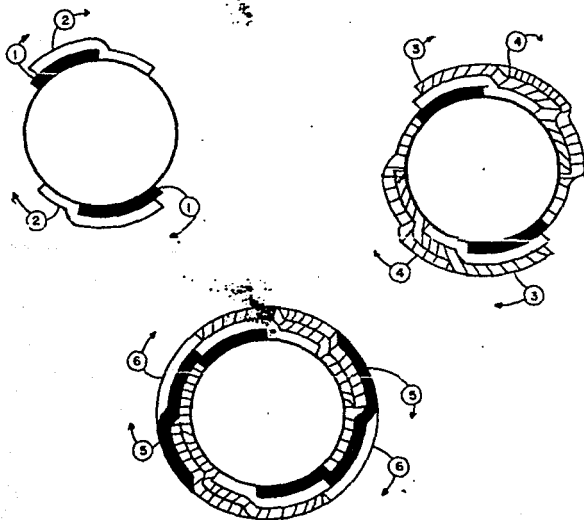


Fig. 45.- DETALLES DE SOLDADURA EN LA INSTALACION DE ACCESORIOS Y SECUENCIA DE MONTAJE DE PUERTAS

PRUEBAS EN LAS PLACAS DE REFUERZO.

Hasta completar la fabricación y antes de llenar el tanque con el agua de la prueba hidrostática, las placas de refuerzo en cada boquilla serán probadas aplicando hasta 15 LB/PULG 2. (1.1 KG/CM².) de presión manométrica con aire entre la envolvente del tanque y la placa de refuerzo usando un agujero de prueba de 6 mm. (1/4") de diámetro hecho en la placa de refuerzo. Al mismo tiempo que a cada boquilla se le aplica tal presión, una película de jabonadura, aceite de linaza u otro material apropiado para descubrir fugas se aplicará a toda la soldadura alrededor del refuerzo tanto adentro como afuera del tanque. Si se descubre cualquier fuga, relevar la presión del aire, remover la soldadura defectuosa con cincel o arco-aire, repararla y volver a probar. Al terminar la prueba, retirar el equipo y dejar el agujero abierto a la atmósfera.

INSTALACION DE LAS PUERTAS DE LIMPIEZA.

De acuerdo al tipo de cimentación del tanque, se hacen los arreglos para la instalación correcta de las puertas de limpieza. En México, normalmente se proyecta la cimentación a base de anillos de concreto (Sección 1.0 párrafo 1.3 del manual), aunque también debiera usarse en terrenos resistentes la construída con grava o piedra triturada. En el primer caso, Ingeniería de Diseño ha elaborado un plano con todas las indicaciones para la instalación correcta de las puertas y en el caso de cimentación a base de piedra o grava trituradas, el API-650 sección 3.7.7. Fig. 3.9, da las indicaciones necesarias para la instalación correcta de las puertas. Sin embargo, puede seguirse la siguiente secuencia de montaje, métodos A o B (Fig. 45).

Los programas de avance muestran las fechas de comienzo y terminación de los diversos elementos de un proyecto. Para la obra contratada a Precio Unitario, se emplea en general la fecha de la propuesta. Los contratos a suma global a precio alzado tienen la sub-división de acuerdo con el estimado de lo que es común en la obra. Los programas pueden prepararse en forma tabular o gráfica, aunque esta última se emplea más debido a su fácil devisualización.

La representación gráfica más utilizada es el diagrama de barras rectangulares o diagrama Gantt (Fig. 46). Esta gráfica muestra las fechas del comienzo y la terminación de cada partida del trabajo. Indica las partidas en las cuales se empalma el trabajo, las partidas que traslapan a otras y por qué cantidad y las partidas que deben quedar terminadas antes de que se comiencen otras.

Los programas de avance deben quedar preparados al comienzo del trabajo, con el fin de coordinar el trabajo de todos los departamentos de la organización del contratista. Por ejemplo, el programa de avance es una forma conveniente para que el agente de compras se entere de las fechas en que se necesitarán los materiales. Los contratos de construcción con frecuencia requieren que el contratista proporcione un programa de avance para que sea autorizado por el propietario dentro de un tiempo especificado después que le ha sido concedido el contrato, de manera que la omisión o negligencia en presentar un programa satisfactorio puede anular la concesión del contrato y perderse la garantía de la propuesta.

Con el fin de comparar la realización del trabajo con respecto al programado, se dibuja otra barra abajo de las del programa que muestra las fechas de comienzo y terminaciones reales. El diagrama de la Fig. 46 indica que la excavación se comenzó con fecha programada y que se terminó antes de tiempo, en tanto que el trabajo de formación, comenzó tarde. En las cercanías de diciembre, el trabajo de programación de la obra estaba terminado un 60%. Este método tiene la ventaja de la simplicidad, pero no indica la tasa de avance requerida por el programa o que la ejecución real está adelantada o retrasada con respecto al mismo.

ACTIVIDADES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AUG.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
I OBRAS DE TIERRAS												
EXTRACCION INTERIOR BLOQUE												
II OBRAS DE PLANTACION DE ESCALONAMIENTO												
PLANTACION DE ESCALONAMIENTO												
III OBRAS CIVILES												
CONCRECION TUBOS												
IV OBRAS DE PLANTACION DE ESCALONAMIENTO												
PLANTACION DE ESCALONAMIENTO												
V OBRAS DE ELECTRICIDAD												
INSTALACION DE ELECTRICIDAD												
VI OBRAS DE MANTENIMIENTO												
CONCRECION Y ACABADO DE PLACA												
ACABADO DE PLACA												
REVESTIMIENTO DE PLACA DE CEMENTO												
MORTO Y SOLA DE FONDO												
MORTO Y SOLA PLATA AMPLIA												
MORTO DE 10 ANILLO												
MORTO DE 20 ANILLO												
SOLAPERA 10 VERTICAL												
MORTO DE 30 ANILLO												
SOLAPERA 20 VERTICAL												
SOLAPERA 10 HORIZONTAL												
ORNA FALSA												
REVESTIMIENTO												
REVESTIMIENTO												
MORTO Y SOLA												
MORTO DE 40 ANILLO												
SOLAPERA 30 VERTICAL												
SOLAPERA 20 HORIZONTAL												
MORTO DE 50 ANILLO												
SOLAPERA 40 VERTICAL												
SOLAPERA 30 HORIZONTAL												
MORTO DE 60 ANILLO												
SOLAPERA 50 VERTICAL												
SOLAPERA 40 HORIZONTAL												
MORTO DE 70 ANILLO												
SOLAPERA 60 VERTICAL												
SOLAPERA 50 HORIZONTAL												
MORTO DE 80 ANILLO												
SOLAPERA 70 VERTICAL												
SOLAPERA 60 HORIZONTAL												
MORTO DE 90 ANILLO												
SOLAPERA 80 VERTICAL												
SOLAPERA 70 HORIZONTAL												
MORTO DE 100 ANILLO												
SOLAPERA 90 VERTICAL												
SOLAPERA 80 HORIZONTAL												
MORTO DE 110 ANILLO												
SOLAPERA 100 VERTICAL												
SOLAPERA 90 HORIZONTAL												
MORTO DE 120 ANILLO												
SOLAPERA 110 VERTICAL												
SOLAPERA 100 HORIZONTAL												
MORTO DE 130 ANILLO												
SOLAPERA 120 VERTICAL												
SOLAPERA 110 HORIZONTAL												
MORTO DE 140 ANILLO												
SOLAPERA 130 VERTICAL												
SOLAPERA 120 HORIZONTAL												
MORTO DE 150 ANILLO												
SOLAPERA 140 VERTICAL												
SOLAPERA 130 HORIZONTAL												
MORTO DE 160 ANILLO												
SOLAPERA 150 VERTICAL												
SOLAPERA 140 HORIZONTAL												
MORTO DE 170 ANILLO												
SOLAPERA 160 VERTICAL												
SOLAPERA 150 HORIZONTAL												
MORTO DE 180 ANILLO												
SOLAPERA 170 VERTICAL												
SOLAPERA 160 HORIZONTAL												
MORTO DE 190 ANILLO												
SOLAPERA 180 VERTICAL												
SOLAPERA 170 HORIZONTAL												
MORTO DE 200 ANILLO												
SOLAPERA 190 VERTICAL												
SOLAPERA 180 HORIZONTAL												
MORTO DE 210 ANILLO												
SOLAPERA 200 VERTICAL												
SOLAPERA 190 HORIZONTAL												
MORTO DE 220 ANILLO												
SOLAPERA 210 VERTICAL												
SOLAPERA 200 HORIZONTAL												
MORTO DE 230 ANILLO												
SOLAPERA 220 VERTICAL												
SOLAPERA 210 HORIZONTAL												
MORTO DE 240 ANILLO												
SOLAPERA 230 VERTICAL												
SOLAPERA 220 HORIZONTAL												
MORTO DE 250 ANILLO												
SOLAPERA 240 VERTICAL												
SOLAPERA 230 HORIZONTAL												
MORTO DE 260 ANILLO												
SOLAPERA 250 VERTICAL												
SOLAPERA 240 HORIZONTAL												
MORTO DE 270 ANILLO												
SOLAPERA 260 VERTICAL												
SOLAPERA 250 HORIZONTAL												
MORTO DE 280 ANILLO												
SOLAPERA 270 VERTICAL												
SOLAPERA 260 HORIZONTAL												
MORTO DE 290 ANILLO												
SOLAPERA 280 VERTICAL												
SOLAPERA 270 HORIZONTAL												
MORTO DE 300 ANILLO												
SOLAPERA 290 VERTICAL												
SOLAPERA 280 HORIZONTAL												
MORTO DE 310 ANILLO												
SOLAPERA 300 VERTICAL												
SOLAPERA 290 HORIZONTAL												
MORTO DE 320 ANILLO												
SOLAPERA 310 VERTICAL												
SOLAPERA 300 HORIZONTAL												
MORTO DE 330 ANILLO												
SOLAPERA 320 VERTICAL												
SOLAPERA 310 HORIZONTAL												
MORTO DE 340 ANILLO												
SOLAPERA 330 VERTICAL												
SOLAPERA 320 HORIZONTAL												
MORTO DE 350 ANILLO												
SOLAPERA 340 VERTICAL												
SOLAPERA 330 HORIZONTAL												
MORTO DE 360 ANILLO												
SOLAPERA 350 VERTICAL												
SOLAPERA 340 HORIZONTAL												
MORTO DE 370 ANILLO												
SOLAPERA 360 VERTICAL												
SOLAPERA 350 HORIZONTAL												
MORTO DE 380 ANILLO												
SOLAPERA 370 VERTICAL												
SOLAPERA 360 HORIZONTAL												
MORTO DE 390 ANILLO												
SOLAPERA 380 VERTICAL												
SOLAPERA 370 HORIZONTAL												
MORTO DE 400 ANILLO												
SOLAPERA 390 VERTICAL												
SOLAPERA 380 HORIZONTAL												
MORTO DE 410 ANILLO												
SOLAPERA 400 VERTICAL												
SOLAPERA 390 HORIZONTAL												
MORTO DE 420 ANILLO												
SOLAPERA 410 VERTICAL												
SOLAPERA 400 HORIZONTAL												
MORTO DE 430 ANILLO												
SOLAPERA 420 VERTICAL												
SOLAPERA 410 HORIZONTAL												
MORTO DE 440 ANILLO												
SOLAPERA 430 VERTICAL												
SOLAPERA 420 HORIZONTAL												
MORTO DE 450 ANILLO												
SOLAPERA 440 VERTICAL												
SOLAPERA 430 HORIZONTAL												
MORTO DE 460 ANILLO												
SOLAPERA 450 VERTICAL												

CAPITULO VII CONTROLES

Con un intervalo de tiempo determinado el superintendente de la obra deberá presentar reportes actualizados del avance -- actual de cada operación a la fecha de corte.

Este procedimiento nos permite conocer, en ese período de -- tiempo, el avance real de la obra, poder compararlo contra -- el avance programado y saber si se está en un atraso de tiem po y corregirlo oportunamente.

Este control beneficia a la obra, dado que es mejor adoptar medidas correctivas durante las primeras etapas de la cons-- trucción en vez de esperar hasta que no haya tiempo sufi-- ciente para obviar dificultades.

Este control se llevará al cabo en formatos que contengan -- croquis de la obra en el cual se marcará las zonas de traba-- jo en el período de tiempo determinado, así como el porcenta-- je de avance de los mismos.

Los croquis deben presentar planta y alzado de los mismos e identificar las principales etapas de construcción y montaje de los tanques que son:

- CIMENTACION
- FONDO
- ANILLOS
- PONTON Y DIAFRAGMA (TECHO)
- ACABADOS
- OBRAS EXTERIORES (DRENAJES, PAVIMENTOS, BORDOS)

Deben tener por órden de ejecución estos pasos, para poder -- darles seguimientos y controlar que su secuencia de ejecución sea la correcta.

Contener gráficas del programa de avance en porcentaje y mon-- to de la obra así como de un análisis condensado de los egre sos realizados.

El reporte debe ser lo más minucioso posible y debe ir acompañado de reporte contables y económicos de la misma para dar un panorama general.

En la medida que estos controles sean llevados con eficiencia y puntualidad los problemas serán detectados con mayor rapidez y las soluciones a éstos serán más rápidas y efectivas.

PRUEBAS EN EL FONDO Y BOYAS.

Después de terminadas las soldaduras en todo el diafragma, y pontones y la de las boyas al diafragma incluyendo sus placas de refuerzo, se les hará una inspección visual y luego serán probadas con líquidos penetrantes rociando abundante petróleo diáfano por el interior del techo. Después de un período de - 24 horas, las superficies superiores de estas áreas soldadas - serán revisadas para descubrir fugas. Todas las conexiones -- así como registros y boquillas en el techo también serán probadas con líquido desde la parte interna del diafragma.

ENVOLVENTE DEL TANQUE Y PRUEBA DE FLOTACION.

La envolvente se prueba llenando el tanque a su capacidad normal, con agua. Cuando se empieza la prueba hidrostática, tan pronto como el techo empieza a flotar, se interrumpe el llenado y se hace una revisión exhaustiva del diafragma y pontón. Continuar con el llenado del tanque y mientras el techo está subiendo, revisar el tubo-sello, La lámina de protección y la escalera rodante. Cuando el tanque se vacía y el techo baja, se seguirá la inspección en la misma forma que se hizo cuando el techo iba hacia arriba. También se harán inspecciones periódicas del pontón mientras el diafragma sube y baja. Esta inspección es muy importante porque muchas veces pueden ocurrir fugas durante el movimiento del diafragma.

Una atención especial deberá darse también a la escalera rodante porque cualquier exceso de ligaduras puede causar más tarde un gran daño o avería.

Cuando se tiene el tanque lleno de agua se debe hacer una revisión ocular de las soldaduras por si se descubre alguna fuga. Esta permitido golpear con un martillo de bola las soldaduras especialmente los cruces para el mismo objeto.

También es muy importante la revisión que se hace a la cimentación, mientras se lleva a cabo la prueba hidrostática. Si hay un asentamiento excesivo en cualquier punto, deberá tomarse una acción correctiva adecuada.

1- FONDO

- A. Revisar, buscando juntas sin soldar, soldaduras de menor dimensión, soldaduras defectuosas y socavaciones.
- B. Barrer todo el fondo para dejarlo limpio y revisar si se descubren salientes, rebabas y mellas o muescas donde canales o ménsulas pudieran haberse desprendido.
- C. Remover todos los salientes y rebabas.
- D. Remover la escoria de todas las soldaduras.
- E. Reparar los socavados y muescas.

2- FONDO AL PRIMER ANILLO

- A. Remover la escoria de toda la soldadura de filete interior y exterior.
- B. Revisar para localizar soldaduras de menor dimensión socavados y juntas no soldadas.
- C. Todas las rebabas serán removidas de la intersección de placas.

3- ENVOLVENTES

- A. Todos los salientes o conexiones a andamiajes serán removidos y resanados.

- B. Las pruebas se quitarán con cincel, los socavados, rellenos y luego esmerilados. Deberá darse especial atención a las áreas alrededor de las escaleras.
- C. Todas las soldaduras verticales y horizontales serán inspeccionadas para descubrir socavados y que los refuerzos y porosidades estén dentro de las tolerancias especificadas.

4- TRABES DE REFUERZO Y ANGULOS DE CORONAMIENTO

- A. En la misma forma que en el fondo y envolvente, revisar todas las soldaduras localizando socavados, porosidades, cordones de menor dimensión y áreas sin soldar.
- B. Las soldaduras a tope en la trabe de refuerzo y ángulo de coronamiento se revisarán para que la junta tenga penetración completa y sea de la misma calidad que las verticales de la envolvente.
- C. Las soldaduras horizontales se revisarán para cerciorarse que son de la misma calidad que las horizontales de la envolvente.

5- ACCESORIOS

- A. Todas las soldaduras serán del tamaño indicado en planos y sin socavados.
- B. Los agujeros de entrada y las caras de todas las bridas se revisarán para que estén de acuerdo a los planos respectivos.
- C. Asegurarse que todos los refuerzos han sido probados.
- D. Las bridas ciegas, tapas de registros de hombre, pernos y empaques deberán instalarlas apropiadamente.
- E. Las rebabas alrededor de las boquillas serán removidas.

6- ESCALERAS Y ESCALAS

- A. Las escaleras serán revisadas para un contorno apropiado, las huellas a nivel, los barandales a plomo y todas las soldaduras completas según dibujo.
- B. Las soldaduras en los pasamanos serán alisadas con esmeril. Revisar esto
- C. Las escalas se instalarán derechas y a plomo.
- D. Las protecciones en las escalas se instalarán derechas.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO VIII CONCLUSIONES

El procedimiento constructivo de un tanque de las características descritas anteriormente tiene soluciones que son válidas en todas partes del mundo.

Las especificaciones y secuencias de montaje se encuentran basadas en los manuales de los principales fabricantes de acero en Estados Unidos y Gran Bretaña.

Sin embargo queda mucho por hacer; todavía las características estructurales de los tanques tienen defectos importantes sobre todo cuando se presentan sismos.

Es importante también mencionar el acabado final de los tanques. "LA PINTURA" la cuál según especificaciones de PEMEX, y se aplica de la siguiente manera.

1) PINTURA INTERIOR; CUANDO SE HA TERMINADO

- a) Armado y soldado del fondo
- b) Prueba del fondo
- c) Armado y soldado del diafragma.
- d) Armado y soldado de la envolvente.
- e) Limpieza y resane gral. del interior del tanque.

2) PINTURA INFERIOR DEL DIAFRAGMA, PONTON Y FONDO

- a) Antes de hacer la prueba de flotabilidad.
- b) Antes de armar el sello y la banda de desgaste.

3) PINTURA EXTERIOR

- a) Después de pintar interior y limpieza de rebabas.

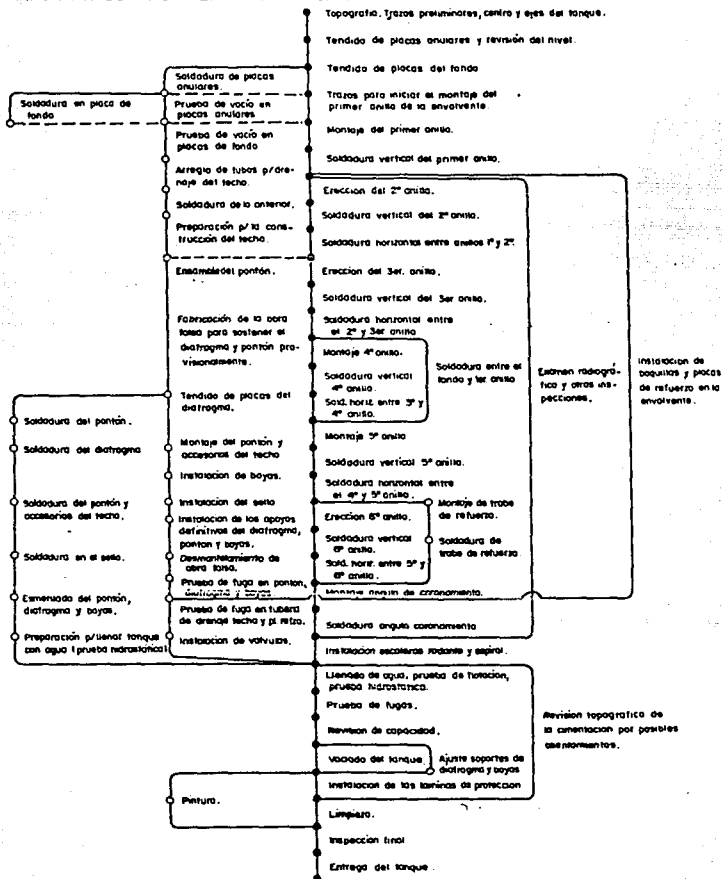
En la exposición de los métodos de montaje de las diferentes partes que integran un tanque de techo flotante, no se ha seguido una secuencia determinada, es decir, el orden en que se presenta el anterior procedimiento no concuerda con el que se sigue realmente en el manejo de un tanque.

Esto podría originar alguna confusión entre las distintas etapas de montaje y el trabajo real de la erección de un tanque, máxime que algunas operaciones son ejecutadas simultáneamente.

La secuencia real está dado por un diagrama publicado por PEMEX para el montaje de los tanques. Sin embargo el procedimiento de montaje debe ir acompañado de un manual de soldadura.

DIAGRAMA

DIAGRAMA DE LA SECUENCIA DE LAS OPERACIONES DE MONTAJE DE UN TANQUE



BIBLIOGRAFIA

- 1.- ERECCION DE TANQUE CILINDRICOS VERTICALES
PETROLEOS MEXICANOS
ABRIL 1986
ING. IGNACIO JARAMILLO LOPEZ
- 2.- CHICAGO BRIDES AND IRON CO. (CBI).
- 3.- PITTSBURG - DES MOINES STEEL CO. (PDM).
- 4.- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE API-650 STD
- 5.- PROCEDIMIENTO DE MONTAJE PARA TANQUES DE 500 M. BLS (CISA)
- 6.- NOTAS DE MONTAJES (ING. IGNACIO JARAMILLO LOPEZ).