

4 881215  
Jey

# UNIVERSIDAD ANAHUAC

VINCE IN BONO MALUM

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO



"PROCESO CONSTRUCTIVO DE UN TANQUE  
CILINDRICO VERTICAL DE TECHO FLOTANTE  
PARA ALMACENAMIENTO DE PETROLEO O  
SUS DERIVADOS CON CAPACIDAD DE  
500,000 BARRILLES"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
MARCOS PEREZ PEÑALOZA

México, D. F.

TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1991.



## **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

### CAPITULO I

#### INTRODUCCION

Ventajas que presenta el almacenar grandes volúmenes de petróleo y/o sus derivados.

Los tanques atmosféricos.

Características y ventajas de los tanques cilíndricos verticales de techo flotante

Desventajas de los tanques cilíndricos verticales de techo flotante.

### CAPITULO II

#### ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

Materiales

Herramienta y equipo

### CAPITULO III

FACTORES POR CONSIDERAR PARA LA CONSTRUCCION DE UN TANQUE CILINDRICO VERTICAL DE TECHO FLOTANTE.

Cimentación

Base

Soldadura

Fondo

Envolvente

Techo flotante

Tubo-sello

Accesorios

Pruebas, inspecciones y pintura

#### CAPITULO IV

##### ORGANIZACION DE OBRA

Teoría general de la administración

Tipos de organización

Organización de una obra, establecimiento de un plan de obra

Desarrollo del Plan de Obra

Plan de Obra en Planta Próximo

Plan de Obra en Planta Lejano

Programa de avance

#### CAPITULO V

##### EVALUACION DE UN PLAN DE OBRA

Importancia de la Inversión

Previsión de la Inversión

#### CAPITULO VI

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

## C A P I T U L O I

### INTRODUCCION.

La creciente necesidad de imprimir mayor dinamismo al sector productivo del país, hace indispensable la participación de los organismos públicos y privados. El objetivo es común: El desarrollo integral de México. Petroleos Mexicanos juega un papel fundamental dentro de este esfuerzo, por su calidad estratégica como generador de insumos para la industria.

Abastecer a todo lo largo y ancho de la República de los petrolíferos y petroquímicos que los sectores del país requieren, es la tarea del sistema nacional de almacenamiento y distribución que coordina las operaciones necesarias para mantener confiable y oportunamente el suministro de hidrocarburos para la demanda interna.

Para hacer esto posible, Petroleos Mexicanos ha tendido una enorme red de distribución y almacenamiento por todo el territorio nacional, a través de la cual es posible cumplir con una adecuada distribución.

El papel que dentro del sistema juegan los TANQUES DE ALMACENAMIENTO es de vital importancia, ya que con estos podemos mantener constante el suministro requerido de hidrocarburos. El nivel de los volúmenes almacenados, garantiza la neutralización de un desquiciamiento en la venta. En este aspecto se mantiene un inventario detallado de las existencias en cada una de las áreas de almacenamiento y distribución.

Para darse cuenta de la importancia que tiene el almacenamiento de hidrocarburos podemos mencionar que solamente durante 1985 se realizaron obras con las cuales se incrementó en 271,000 barriles la capacidad de almacenamiento.

### Características del Tanque.

El término tanque se refiere, en este caso, a un depósito metálico de gran capacidad para almacenar líquidos.

Por su parte, "Tanques Atmosféricos" son tanques de

almacenamiento cilindricos verticales de acero soldados, que trabajan a una presión aproximadamente igual a la atmosférica y sujetos a una carga igual a la presión hidrostática del líquido.

Los tanques contendrán líquidos volátiles. Todos los líquidos volátiles a la temperatura ambiente desarrollan al evaporarse una "presión de vapor", que depende de la naturaleza del líquido y de su temperatura. Siempre que esta "presión de vapor" tenga un valor significativo y el líquido este en contacto con el aire ambiente, este se evaporara hasta agotarse por completo.

Entonces, la única forma de evitar que se evapore, es taparlo o cubrirlo.

En el primer caso, el líquido desarrollara una presión igual a su "presión de vapor" que el recipiente debe resistir. En esta forma, por ejemplo, se almacenan en recipientes de presión esféricos, nafta o gasolina no estabilizada a una presión de unos 2 Kg/cm<sup>2</sup>.

Sin embargo, para grandes volúmenes, no es económico construir recipientes que resistan la presión. Debido a esto, se opto por emplear los techos para tanques.

Existen basicamente 2 tipos de techo:

1.- Techo Cónico o Domo: Este es fijo, apoyado en una estructura metálica o esta autoportado.

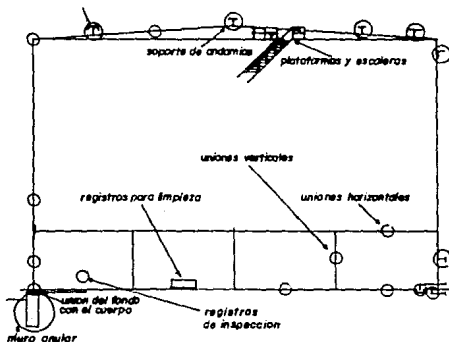


Fig. 1.1 Tanque con Techo Cónico ó Domo

2.- Techo Flotante: Este actua como un pistón con una

holgura entre techo y pared de la envolvente muy reducida, y para que funcione correctamente, la horizontalidad, redondez y verticalidad de la envolvente deberán quedar siempre dentro de las tolerancias que estarán regidas por el código API (American Petroleum Institute) estandar 650. Ref.1.1.

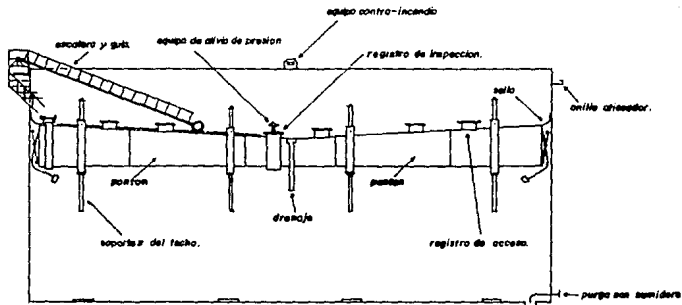


Fig. 1.2 Tanque Techo Flotante

Ahora bien, es cierto que resulta más económico el emplear tanques, pero, el que estos recipientes no sean capaces de resistir la presión trae consigo una "pérdida por evaporación" y la contaminación que ella causa.

En estos casos "la única forma" de reducir hasta prácticamente eliminar las "pérdidas por evaporación" y, por ende la contaminación producida, es almacenar estos líquidos en TANQUES DE TECHO FLOTANTE.

Para dar una idea de los volúmenes que se pierden por

evaporación. se han calculado las pérdidas anuales de un tanque de las siguientes características:

Capacidad.	500,000 Bls.
Diámetro.	280' (85.34 m.)
Altura.	49' (14.63 m.)
Pintura exterior.	Blanca reflejante
Temp. anual media.	80 F (26.66 C) con variaciones diarias de 16 F (-8.98 C)
Vel. del viento.	12 MPH (19.31 Km/h)
Cantidad de llenadas.	30 por año
Nivel del liquido medio anual.	20' abajo del máximo (6.1 m.)

Un tanque de techo cónico de las medidas y en las condiciones anteriores conteniendo crudo ligero o gasolina, perderá por evaporación y operación 29,600 barriles por año, que equivalen a 4'706,400 litros de gasolina que a \$493 por litro (precio vigente al momento de desarrollar este trabajo) representen una pérdida anual de \$2,320'255,200.

Además, estos 29,600 barriles evaporados, producen más de 4,000 toneladas por año de hidrocarburos contaminantes que se derraman en la atmosfera.

Si nos referimos al crudo, al evaporarse éste se están perdiendo gases tan útiles como el Metano, Etano, Propano, Butano y Pentano, siendo el primero de estos el gas más solicitado en la industria petroquímica.

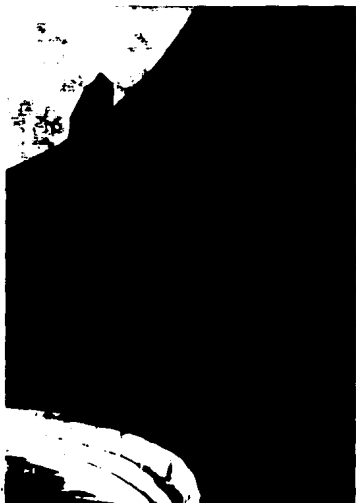
En contraste con lo anterior, las pérdidas por evaporación de un TANQUE DE TECHO FLOTANTE de las mismas dimensiones y trabajando en las mismas condiciones es de sólo 58 barriles por año, o sea, que el TECHO FLOTANTE elimina el 99.77 % de las pérdidas.

Como hemos visto las "perdidas por evaporación" representan muchos millones de pesos y una contaminación atmosférica de miles de toneladas. Sin embargo, la eliminación de estas pérdidas no se consigue sin esfuerzo.

Un tanque de techo flotante tiene sobre un tanque de techo cónico la complicación adicional de que el techo es un elemento móvil, y que su movimiento debe ser ABSOLUTAMENTE libre.

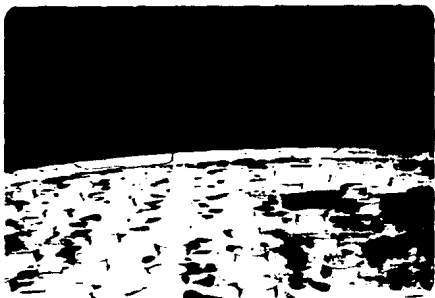
Si reducimos las proporciones de un techo flotante de 500,000 barriles de 280" (85.4 m.) de diámetro a las dimensiones de un cilindro de motor, digamos de 3" (7.62 cm.) de diámetro, la holgura de 9" (22.86 cm.) entre techo y cuerpo sería proporcionalmente de 0.008" (0.02 cm) o sea que el techo flotante es en realidad un pistón bastante ajustado.





( a )

Figs. 1.3 a y b El Techo Flotante tiene el movimiento de un " pistón "



( b )

Para que el "pistón" pueda operar libremente es necesario que las paredes del tanque estén perfectamente verticales. Sin embargo, basta cumplir con las tolerancias normales del montaje de verticalidad y redondez señaladas en el código API 650 para cuerpos de tanque de techo cónico, para que un techo flotante pueda operar satisfactoriamente dentro del tanque.

Pero ahora surge la pregunta : Porque con capacidad de 500.000 barriles?. Estudios económicos realizados en Petroleos Mexicanos arrojaron como resultado que, el costo por unidad de volumen almacenado es menor en un tanque de 500.000 barriles que en cualquier otro tamaño existente.

#### Desventajas de los Techos Flotantes :

El empleo del Techo Flotante presenta algunas desventajas, por ejemplo:

Todos los tanques grandes sufren asentamientos que destruyen la verticalidad de sus paredes. No es suficiente entonces haberlo montado bien. Es necesario comprobar la horizontalidad de su fondo a unos pocos meses de haberlo puesto en operación y corregirla en caso de que haya habido asentamientos.

Posteriormente el período de estas comprobaciones se irá agrandando pero debe continuarse hasta tener la seguridad de que el cimiento ya se ha estabilizado.

Este tipo de verificaciones no es tan crítico en los tanques de techo cónico.

Su mantenimiento, sus dispositivos de seguridad, el cuidado de su operación son algo que requiere más cuidado y minuciosidad que los de techo común, sin embargo, la tendencia general en todas partes del mundo es mirarlos y trabajarlos como otro tanque cualquiera. Su costo inicial y costo de operación y mantenimiento ligeramente más altos que los de un tanque cónico, son ampliamente recompensados por las pérdidas que evita.

## CAPITULO I I

### MATERIALES

Con el término "materiales", nos referimos a la piezas con las cuales se dará forma al fondo, paredes (envolvente) y techo del tanque; por lo tanto comprende cualquiera de las siguientes piezas: Placas o planchas, laminas, solera, tira, tornillería, electrodo para soldadura, perfiles estructurales, remaches y pernos.

#### Placas o Planchas.-

Material producto de la laminación de forma generalmente rectangular, cuyo espesor será siempre mayor de 5 mm. (3/16").

Estos elementos deberán fabricarse únicamente por el proceso de hogar abierto, oxígeno básico u horno eléctrico, Ref. 2.1.

El material suministrado deberá estar de acuerdo con la última edición de la especificación ASTM-A6 (American Society for Testing and Materials - Requisitos generales para la producción de planchas de acero rolado, perfiles, lámina para pilotes y barras para uso estructural), Ref. 2.2.

Se podrán emplear materiales fabricados bajo algunas especificaciones diferentes, siempre y cuando, sean aprobados por Petroleos Mexicanos.

El ancho (A) de las placas de un mismo anillo tendrá una variación de  $\pm 1.5$  mm. con respecto a la medida del diseño del plano. Este ancho es de 8' (2.44 m.), manteniéndose constante en todos los anillos que forman la envolvente.

La longitud (B) de las placas del cuerpo, medida en sus dos aristas, se mantendrá en  $\pm 1.5$  mm. de la medida del diseño del plano. se emplean dos diferentes medidas: En los tres primeros

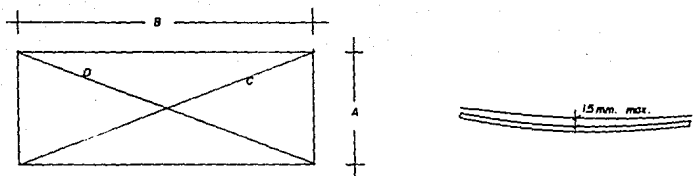


Fig. 2.1 Placa

anillos 20' (6.1 m.) y, en los tres restantes 30' (9.14 m.).

Las diagonales (C,D) de las placas del cuerpo se mantendrán en  $\pm$ , - 3.0 mm. de la medida de diseño del plano, teniendo como dimensiones, según la placa que se trate 21' 6" (6.55 m.) o 31' (9.45 m.).

En lo que respecta al espesor de estas placas, este variará de acuerdo con la posición que ocupa cada una dentro de la envoltura, así por ejemplo, las placas del 1er. anillo tendrán 1 1/2", del 3o. 1", y del 6o. 3/8".

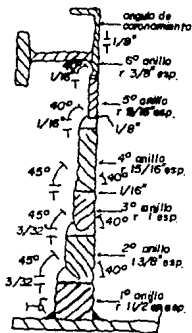


Fig. 2.2 Espesores de Placas

La flecha de las placas podrá tener un máximo de 1.5 mm.  
Todas las medidas y tolerancias anteriores se verificarán sobre las placas ya cortadas y biseladas "antes de ser roladas".

Los espesores de placa determinados en el diseño deberán verificarse en la orilla de todas las placas. Estas placas a las cuales se les ha calculado su espesor mínimo, pueden adquirirse en base a su peso teórico siempre y cuando este peso sea mayor que el correspondiente al espesor mínimo especificado, asegurándose que las placas suministradas no tengan una diferencia mayor de 0.010" (0.25 mm) del espesor solicitado.

#### Láminas.-

Materiales producto de laminación de forma generalmente rectangular, cuyo espesor no será mayor de 5 mm. (3/16").

Las láminas se ajustarán a lo establecido en la norma ASTM A-570 grado C. (Ref.2.2.), fabricadas por los procesos de hogar abierto y oxígeno básico (Ref.2.1.). Estos materiales podrán ordenarse por peso o por espesor.

#### Solera.-

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

#### Tira.-

Material producto del corte de una lámina o plancha cuyo ancho máximo es de 12" (305 mm).

#### Tornillería.-

El material para birlos, tornillos y espárragos deberá cumplir los requisitos de la última edición de la especificación ASTM A-307. Petróleos Mexicanos especificará el tipo de cabeza de tornillos y tuercas deseado.

#### Electrodo para soldadura.-

Los electrodos deberán corresponder a las especificaciones de la AWS (American Welding Society). Ref.2.3.

Los electrodos para soldadura de arco serán de la serie E60XX y E70XX y su elección estará de acuerdo con el diseño del tanque.

#### Perfiles estructurales.-

Los perfiles de acero estructural serán fabricados por los procesos de hogar abierto, horno eléctrico u oxígeno básico y

deberan cumplir algunas de las especificaciones siguientes:

ASTM A 36 o A 131

CSA (Canadian standards Association) C 40.21 Gr. 44W Acero de calidad estructural.

ISO (International Organization for Standardization) R630, Fe42 y Fe44 grados B, C y D.

Normas Nacionales. Podran usarse siempre y cuando Petroleos Mexicanos lo apruebe.

Remaches.-

Estos cumpliran la especificación para remaches estructurales, ASTM A-502 grado 1 o 2.

La certificación del fabricante será evidencia suficiente de su conformidad con las especificaciones.

Pernos.-

Los pernos de acero de alta resistencia cumplirán una de las siguientes especificaciones ASTM:

A-325 Pernos de alta resistencia para juntas de acero estructural, incluyendo tuercas apropiadas y rondanas aceradas simples endurecidas

A-490 Pernos templados por inmersión, de acero de aleación, para juntas de acero estructural.

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de que los pernos satisfacen las especificaciones.

## HERRAMIENTA Y EQUIPO.

A continuación se recomiendan las cantidades básicas de equipo y herramienta que se requiere para el montaje del tanque.

- A. 20 Máquinas de soldar, rotatorias o de rectificador para soldadura manual, capacidad 300 amp.
- B. 2 Máquinas automáticas de arco sumergido para soldar juntas horizontales.
- C. 2 Plantas generadoras de 400 K.V.A., con motor de combustión interna.  
20 Cables de tierra de 20 metros de longitud.  
1,200 metros de cable de cobre flexible, calibre 2/0 para porta-electrodos.
- D. 2 Compresoras de 300 pies cúbicos por minuto y presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup> con motor diesel, para suministrar aire para arco-aire, herramientas neumáticas, pintura, etc.  
100 metros de manguera flexible para presión de 10 kg/cm<sup>2</sup> y diámetro de 51 mm. (2").  
800 metros de manguera, idem pero de 10 mm. (3/8") de diámetro.
- E. 2 Grúas para armar fondos y envolventes con capacidad de 20 ton., con llantas neumáticas y pluma de 20 metros.
- F. Un Montacargas con llantas neumáticas y capacidad de 8 ton.
- G. Una camioneta de redilas con capacidad de 3 ton.
- H. 5 Tirfords de 2 ton. de capacidad y 25 metros de cable.
- I. 5 Equipos de corte para oxi-acetileno, con mangueras de 30 metros.
- J. 10 Equipos de arco-aire.  
15 Esmeriles neumáticos o electricos.  
10 Cinceles neumáticos.
- K. Herramienta diversa para montaje y soldadura: Martillos de bola, Marros, Macetas, Barretas (grifas), LLaves, Discos abrasivos, Mangas, Caretas, Lonas, Sombrillas, Goggles, etc.

- L. Tablones para andamios en número suficiente de 2" por 10" por 10'.
- Ménsulas para andamios en número suficiente.
- Andamios tubulares desmontables o del tipo de góndola corredizos.

Herramienta adicional para Maniobras y Manejo de Placas:

Herramienta que se necesita para las maniobras de descarga, almacenaje y acarreos hasta el lugar de la erección de las placas, que por su tamaño y peso requieren ser manejadas con el equipo de gruas:

- A. 2 Piezas. Balancín de 7.0 m. de claro, entre apoyos y capacidad de 8 ton.
- B. 6 Piezas. Perros para placa de 38 mm. (1 1/2") de espesor máximo con mordazas endurecidas.
- C. 6 Piezas. Idem. pero para placa de 19 mm. (3/4") de espesor máximo.
- D. 4 Piezas. Barras redondas de acero laminado y punta cónica de 38 mm. (1 1/2") de diámetro y 1.5 de longitud.
- E. 4 Piezas. Idem pero de 0.75 m. de largo y 19 mm. (3/4") de diámetro.
- F. 4 Piezas. Grifas de 38 mm. (1 1/2") de diámetro y 1.5 m. de largo.
- G. 20 Piezas. Cinceles de acero laminado de 25 mm. (1") de diámetro y 200 mm. (8") de largo.
- H. 20 Piezas. Martillo de bola de 900 gramos (2 lbs.).
- I. 10 Piezas. Grilletes de tornillo de 19 mm. (3/4").
- J. 6 Piezas. Idem pero de 38 mm. (1 1/2").
- K. 6 Piezas. Estropos de cable de acero de 19 mm. (3/4") de diámetro y 4.0 m. de longitud.
- L. 3 Piezas. Idem pero de 25 mm. (1") de diámetro y 4.0 m. de longitud.



## C A P I T U L O   I I I .

### CIMENTACION

La terminología empleada durante el desarrollo de este tema esta definida en el S.U.C.S.

Para determinar las características de el suelo sobre el cual se trabajará, se llevará a cabo la secuencia de estudio que a continuación se enumeran:

- 1.- Recopilación de antecedentes y reconocimiento superficial.
- 2.- Reconocimiento por metodos geofísicos, los cuales no se emplearan para zonas de construcción de superficie reducida o si la información geologica existente es suficientemente precisa.
- 3.- Reconocimiento por medio de sondeos:
  - a). Pruebas de penetración con o sin recuperación de muestras alteradas, estas se realizaran siguiendo el procedimiento estándar. Ref. 3.1.1.
  - b). Sondeos inalterados, los procedimientos mediante los cuales se realizan estas pruebas estan definidos en la Ref. 3.1.1.  
Para cada tanque se realizarán por lo menos un sondeo inalterado y 3 alterados localizados respectivamente en el centro y en la periferia del mismo, debiendo ser de por lo menos 4, por cada 1000 m<sup>2</sup>. construidos, el número total de sondeos alterados o inalterados. Este número se incrementará hasta un máximo de 10 en caso de que el subsuelo resulte ser heterogéneo.

En el laboratorio se determinarán las propiedades requeridas para los análisis de estabilidad y de asentamientos definidos por PEMEX en sus normas.

Se procederá además a la determinación de las propiedades índices de los suelos para fines de clasificación de los materiales a lo largo de los sondeos alterados o inalterados realizados. Se determinará en particular la variación con la profundidad de las siguientes propiedades:

- a). Contenido de agua y grado de saturación.
- b). Densidad de sólidos.
- c). Límites de consistencia de los materiales cohesivos (límite líquido y plástico).
- d). Curva granulométrica de los materiales no cohesivos.

Las pruebas de laboratorio se realizarán siguiendo los procedimientos definidos en la Ref. 3.1.1

Para el cálculo de la cimentación de este tipo de tanque se considerará que se encuentra sometido a una carga igual a la suma del peso de la estructura, de la presión aplicada por el fluido al encontrarse lleno el tanque afectada por un factor de carga igual a 1.4 y de una presión hidrodinámica atribuible a sismo, aplicada sobre el fondo del mismo, afectada por un factor de carga igual a 1.1.

#### Asentamientos totales:

Los asentamientos respecto a puntos de la superficie del terreno circundante no afectados por la construcción, no deberán alcanzar una magnitud tal que ocasionen dificultades en la operación del tanque.

#### Capacidad de carga:

Para suelos suficientemente homogéneos, la capacidad de carga podrá estimarse recurriendo a la fórmula de TERZAGUI (Ref. 3.1.2) para desplante en áreas circulares superficiales. Tomando en cuenta que la flexibilidad del fondo del tanque impide la redistribución de esfuerzos, se considerará que la falla ocurre por corte local.

Los parámetros de resistencia del suelo,  $c$  y  $\phi$ , se determinarán por medio de pruebas de laboratorio representativas del estado de consolidación del suelo, considerando la carga que corresponda al tanque lleno y en las condiciones del primer llenado.

La cimentación de Tanques Cilíndricos Verticales puede realizarse mediante la aplicación de dos procedimientos diferentes:

- a). Cimentación superficial.
- b). Cimentación profunda.

Se recurrirá a Cimentación Superficial cuando el subsuelo natural o estabilizado por uno de los metodos que a continuación se describen, asegure el cumplimiento de los requisitos que, la capacidad de carga y los asentamientos totales mencionan.

Metodos de estabilización del subsuelo:

- 1.- Remoción del material objetable.
- 2.- Compactación de materiales sueltos in situ.
- 3.- Preconsolidación del subsuelo.
- 4.- Estabilización por medio de inyecciones.
- 5.- Confinamientos de estratos blandos.

Una vez realizados los analisis requeridos y habiendose obtenido como resultado la posibilidad de emplearse una cimentación superficial se podrá emplear alguna de las siguientes opciones:

- Cimentación sobre muro anular de concreto reforzado.
- Cimentación sobre zapata anular de grava o roca triturada.

En nuestro pais el empleo del muro anular de concreto se ha generalizado. Las principales características de este tipo de cimentación se encuentran resumidas en la figura 3.1.1.

El fondo del tanque descansará sobre un terraplén cuya altura se fijará en función de la magnitud de los asentamientos totales esperados y de la posibilidad de inundación de la zona. El terraplén se construirá despues de sustituir el material superficial indeseable por un material libre de materias orgánicas y productos corrosivos, cuyas condiciones de compactación cumplirán con la especificaciones de la tabla 3.1.1.

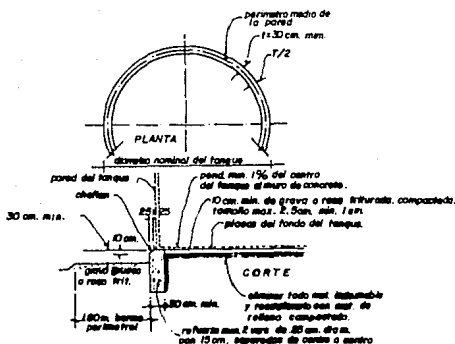


Fig. 3.1.1 Cimentación Sobre Muro Anular de Concreto

CONDICION I		CONDICION II	
Terraplenes hasta 3 m de altura no sometidos a fundaciones de larga duración		Terraplenes de más de 3 m de altura, o de menor altura sujetos a períodos largos de inundación	
Peso vol. seco máximo de laboratorio, en kg/m <sup>3</sup>	Exigencias mínimas de compactación en el terraplen (porcentaje de peso vol. seco de laboratorio)	Peso vol. seco máximo de laboratorio, en kg/m <sup>3</sup>	Exigencias mínimas de compactación en el terraplen (porcentaje de peso vol. seco de laboratorio)
1 430 o menos	*	1 510 o menos	**
1 440 - 1 649	100	1 520 - 1 649	102
1 650 - 1 759	93	1 650 - 1 759	100
1 760 - 1 919	95	1 760 - 1 919	98
1 920 y más	90	1 920 y más	93

\* Los suelos con peso vol. seco máximo menor de 1 440 kg/m<sup>3</sup> se considerarán inadecuados y no se utilizarán en terraplenes.

\*\* Los suelos con peso vol. seco máximo menor de 1 520 kg/m<sup>3</sup> se considerarán inadecuados y no se utilizarán en terraplenes bajo con dición II.

Además de las condiciones indicadas anteriormente, los suelos tendrán un límite líquido menor de 65. El índice de plasticidad de los suelos con límite líquido comprendido entre 35 y 65 no será menor del valor que resulta de aplicar la fórmula  $I_p = 0.5 W_L - 9$ , siendo  $W_L$  el contenido de agua en el límite líquido.

El máximo peso volumétrico se determinará por el ensayo Proctor estándar.

Tabla 3.1.1. Condiciones de Compactación de Suelos para Terraplenes

Los diez centímetros superiores del terraplén serán constituidos por arena limpia gruesa, grava o piedra molida, con tamaño de partícula de 1 a 2.5 cm. Este estrato se estabilizará con un producto asfáltico para poder dar a la superficie de apoyo la forma adecuada. Se dará una ligera pendiente a la superficie de apoyo del centro hacia la periferia con objeto de compensar los asentamientos diferenciales y facilitar el lavado y la remoción de sedimentos del tanque.

El muro anular de concreto se construirá con el propósito de repartir la carga concentrada de la pared cilíndrica, facilitar la construcción del tanque, proteger el terraplén durante y después de la construcción y aislar el fondo de la humedad. El muro deberá descansar sobre el suelo inalterado o compactado y ser dimensionado de tal forma que la presión de contacto en su parte inferior sea aproximadamente igual a la presión actuante en el relleno confinado a la misma profundidad.

El muro será reforzado en forma continua a lo largo de toda la circunferencia para resistir la presión horizontal atribuible al material confinado y a la sobrecarga del fluido.

Las cimentaciones profundas serán utilizadas únicamente cuando el suelo natural no cumpla con los requisitos que la capacidad de carga y los asentamientos totales mencionan, y no sea económico el uso de alguno de los métodos de estabilización definidos con anterioridad.

Usualmente para este tipo de cimentación se utilizarán pilas o pilotes de punta, de fricción o mixtos.

La capacidad de carga  $Q_c$  de un pilote se considerará igual a la suma de la capacidad por punta y de la capacidad por fricción, consideradas en forma separada y afectadas respectivamente por un factor de reducción igual a 0.3 y 0.5.

Para pilotes cuya punta esté localizada en material cohesivo (pilotes de fricción) se despreciará la capacidad por punta.

Para la capacidad de carga de un grupo de pilotes, se adoptará el menor de los siguientes valores: 1).- La suma de las capacidades de carga de los pilotes individuales. 2).- La capacidad de carga de un bloque o zapata de geometría igual a la envolvente del grupo de pilotes.

Al considerarse adecuada una cimentación profunda para el tanque se optará por una de las soluciones definidas a continuación:

#### 1.- Cimentación rígida.

Los pilotes empleados serán pilotes de punta, cuyas cabezas estarán unidas por una loza de concreto reforzado (fig. 3.1.2). El tanque descansará sobre la loza a través de un terraplén.

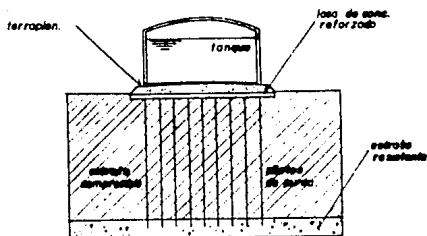


Fig. 3.1.2 Cimentación rígida sobre pilotes de punta

2.- Cimentación flexible.

En este caso (fig. 3.1.3), las cabezas de los pilotes serán rodeadas y cubiertas por una capa de grava o roca triturada compactada, que asegura la transmisión de las cargas a los pilotes por arqueo y permitirá la absorción de pequeños movimientos diferenciales entre pilotes sin causar daños a la estructura.

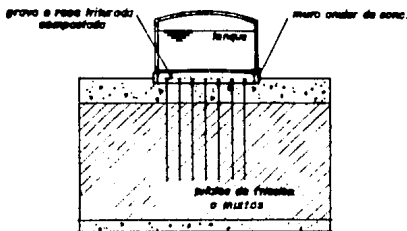


Fig. 3.1.3 Cimentación Flexible sobre Pilotes de Fricción o mixtos

#### Revisiones al Anillo de Cimentación:

1.- La cara superior del anillo de concreto estará nivelada con una variación máxima:

- a) En  $\pm 3$  mm. en 10 metros de circunferencia.
- b) Y de  $\pm 6$  mm. entre dos puntos localizados a una distancia mayor de 10 mts. entre sí (fig. 3.1.4).

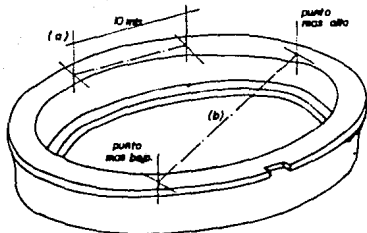


Fig. 3.1.4 Revisiones al Anillo de Cimentación.

2.- Durante el colado del anillo de cimentación deberán de preverse los resagues necesarios correspondientes a puertas de limpieza, drenes, etc., cabe recordar que las varillas de refuerzo deben ser continuas (no cortar).

3.- Los radios interiores y exteriores del anillo de la cimentación deberán verificarse contra el plano y sus medidas deberán estar correctas dentro de una tolerancia de  $\pm 25$  mm.

## BASE DEL TANQUE.

La base sobre la cual descansara el fondo del tanque se construirá como mínimo a 12" (30 cm.) arriba de la superficie del terreno circundante, proporcionandole un drenaje que ayudará a mantener el fondo del tanque seco y compensará cualquier pequeño asentamiento que pudiera ocurrir.

Es recomendable que la rasante ya terminada tenga una pendiente de 1:120 como mínimo del centro hacia la periferia (fig. 3.1.5.).

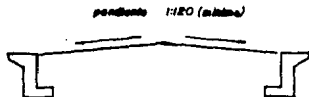


Fig. 3.1.5 Pendiente mínima de la base del tanque.

La última capa de 4" (10.16 cm.) de la parte superior de la base será de arena limpia, grava, piedra triturada (no mayor de 1" (2.54 cm.)) o algún material similar inerte que pueda conformarse fácilmente al fondo del tanque. Las terracerías ya terminadas deberán estabilizarse impregnando su superficie con aceite o de alguna otra manera que mantenga su contorno durante la construcción y proteja el fondo del tanque contra la humedad del piso, sin embargo, deberán tomarse algunas otras precauciones para que la cantidad y clase de material no provoque dificultades o riesgo de corrosión galvánica en la soldadura (fig.3.1.6).

La pendiente podrá compensarse parcialmente por los ligeros asentamientos que seguramente serán mayores en el centro. La pendiente facilitará tanto la limpieza como la remoción de agua y sedimentos por las aberturas de la envuelta o por los sumideros



situados cerca de la envolvente.

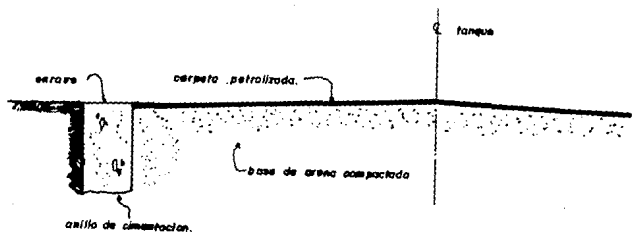


Fig. 3.1.6 Terracería Estabilizada Mediante una Carpeta Petrolizada

## SOLDADURA.

Como se mencionó en el capítulo anterior, uno de los materiales empleados en la construcción del tanque es el denominado "electrodo para soldadura". Estos electrodos nos van a servir para "unir" (soldar) 2 piezas (placas o láminas) mediante una fusión superficial, seguida de una solidificación.

La soldadura nos permite realizar construcciones rígidas con mayor rapidez y economía que mediante roblonado, con la ventaja de resultar las construcciones mucho más ligeras.

El empleo generalizado, en la industria de la construcción, de este sistema de unión entre elementos, ha traído consigo un gran desarrollo en torno a él.

A la soldadura se le ha clasificado desde diferentes puntos de vista:

### 1.- Por su forma:

#### a). Soldadura en junta a tope:

Es la soldadura que se deposita en la ranura entre dos elementos situados en el mismo plano (a tope) y cuyos bordes quedarán en contacto.

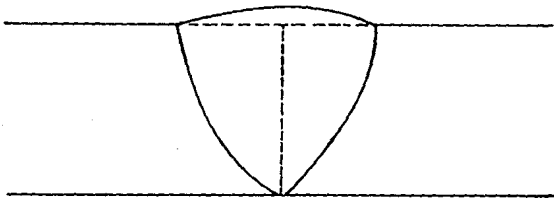


Fig. 3.2.1 Soldadura Sencilla

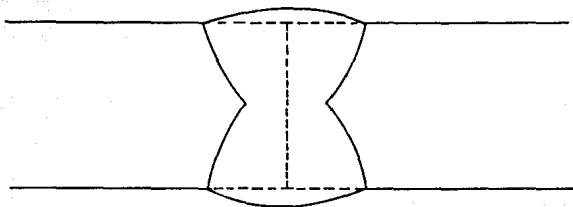


Fig. 3.2.2 Soldadura Doble

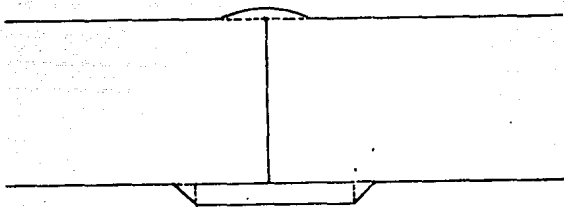


Fig. 3.2.3 Soldadura Sencilla y Respaldo

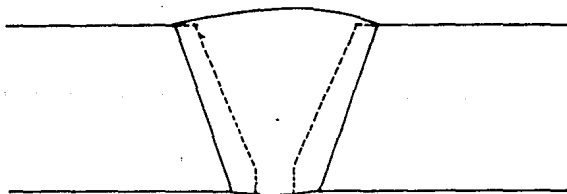


Fig. 3.2.4 Soldadura con Bisel Sencillo en V

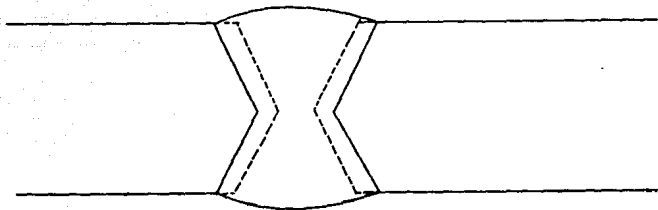


Fig. 3.2.5 Soldadura con Bisel Doble en V

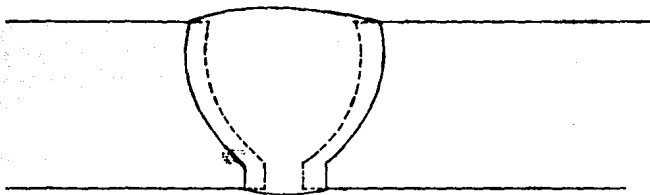


Fig. 3.2.6 Soldadura con Bisel Sencillo en U

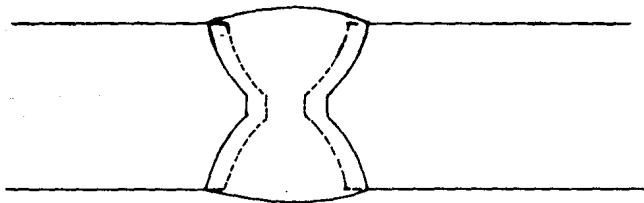


Fig. 3.2.7 Soldadura con Bisel Doble en U

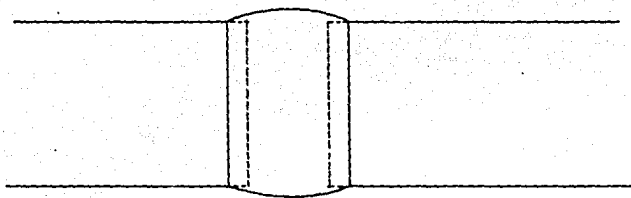


Fig. 3.2.8 Soldadura con Ranura Rectangular

- b). Soldadura de filete:  
Soldadura que tiene sección transversal aproximadamente triangular y que une dos superficies situadas aproximadamente en un ángulo recto como las ensambladas en T, en rincón o traslape. (fig.3.2.2).

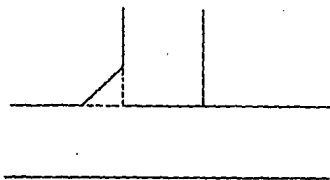


Fig. 3.2.9 Sencillo

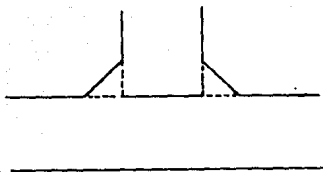


Fig. 3.2.10 Doble

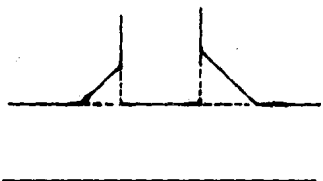


Fig. 3.2.11 Doble con Secciones Diferentes

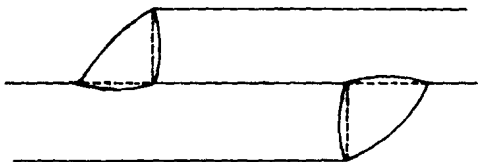


Fig. 3.2.12 Traslapo

- c). Soldadura provicional o soldadura por puntos  
Soldadura que se hace para mantener alineados los elementos ensamblados, mientras se sueldan definitivamente. (fig. 3.2.13).

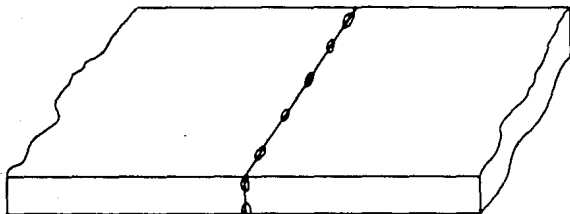


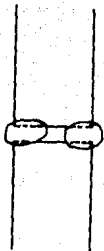
Fig. 3.2.13 Soldadura Provicional o por Puntos.

2.- Por el procedimiento para efectuar la soldadura:

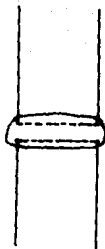
- a). Soldadura Manual:  
Soldadura en la que la operación completa se efectúa y controla a mano.
- b). Soldadura automática (soldadura a máquina):  
Soldadura en la que se emplea un equipo que ejecuta la operación de soldado bajo el control y vigilancia de un operador.
- c). Soldadura Semiautomática:  
Soldadura de arco con equipo que regula únicamente el suministro de metal de aporte. El avance de la operación se regula manualmente.

3.- Por su tamaño:

- a). En juntas a tope, es la penetración la que nos indica la diferencia (fig. 3.2.14 a y b).



a) Parcial



b) Completa

Figs. 3.2.14 a y b Tamaño de Juntas a Tope

- b). En soldadura de filetes de lados iguales, es la longitud de cualquiera de los lados del mayor triángulo rectángulo isósceles que pueda ser inscrito, dentro de la sección transversal, (fig.3.2.10).
- c). En soldaduras de filete de lados desiguales, es la longitud de los lados del mayor triángulo rectángulo que pueda ser inscrito, dentro de la sección transversal del filete de soldadura, (fig. 3.2.11).



## FONDO.

Antes de colocar en su lugar las laminas del fondo se limpiarán perfectamente y a la cara que va a estar en contacto con la base se le aplicará un recubrimiento adecuado según las especificaciones particulares.

El fondo del tanque esta conformado básicamente por:

- 1.- Anillo anular.
- 2 - Placas del fondo.

### Anillo anular:

Cuando se haya construido la cimentación del tanque con resultados satisfactorios se procederá a trazar las referencias que servirán para tender las placas anulares. Se trazara un círculo sobre la cara superior del anillo de cimentación, con radio de 25 mm. mayor que el radio exterior de las placas anulares, fijado en los planos del fondo del tanque (42760 mm.) (fig. 3.3.1).

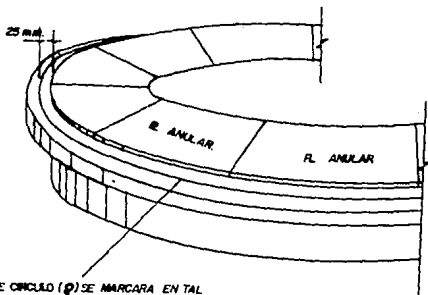


Fig. 3.3.1

Anillo Anular

ESTE CIRCULO (Ø) SE MARCARA EN TAL  
FORMA QUE NO SE BORRE DURANTE  
LAS MANOBRAS DE TENDIDO DE PLACAS

De los planos de la envolvente se obtendrán las longitudes de cada placa del primer anillo, con estas determinaremos la ubicación de las juntas verticales de la envolvente. Una vez localizados estos puntos, se marcarán (con pintura por ejemplo) sobre el anillo de concreto, de esta manera se podrá entonces determinar la localización de las juntas radiales entre las placas anulares, teniendo en cuenta que la distancia mínima entre ambas juntas es de 300 mm. (fig. 3.3.2).

Las placas anulares (que sirven como apoyo del primer anillo de la envolvente) se tendrán a continuación repartidas en la circunferencia de la cimentación, para proceder a soldarlas en secciones de dos en dos, a tope con bisel en V y laminas de respaldo.

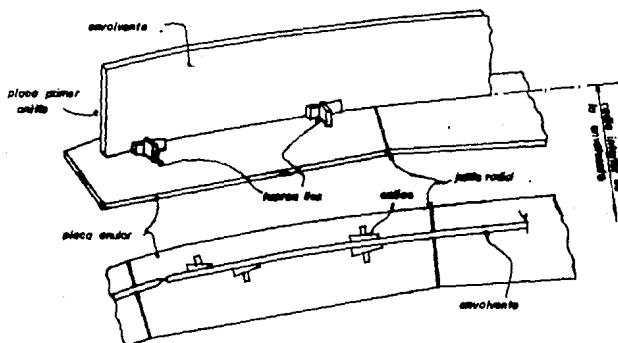


Fig. 3.3.2 Localización de Juntas Radiales entre Placas Anulares.

Las uniones radiales deberán tener 100% de penetración, se soldarán los 250 mm. (10") del extremo exterior de todas las juntas. Esmerilar e inspeccionar la soldadura con radiografías o partícula magnética (Ref. 3.3.1) de los 150 mm. (6") extremos.

Placas del Fondo:

El fondo del tanque se hará mediante placas rectangulares

traslapadas.

El tendido de las placas se iniciará colocando en su lugar preciso la placa que cae sobre el centro del tanque.

Antes de colocar la placa habrá que transportar dicho centro, que será la intersección de los ejes de simetría del fondo del tanque, a cuantros estacas de referencia colocadas cada una sobre un eje de simetría y fuera del área que ocupará la placa (fig 3.3.3).

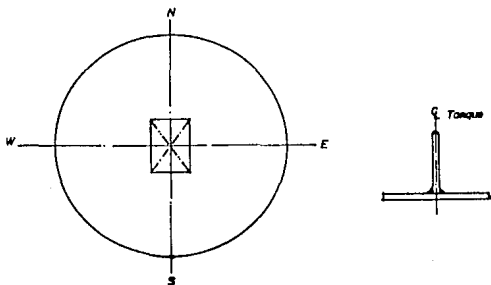


Fig. 3.3.3. Localización de la Placa Central del Fondo.

La placa será cuidadosamente alineada y centrada con respecto a los ejes de simetría, el centro real del tanque se transportará mediante un boton o perno, punteado sobre la cara superior de la placa. (fig. 3.3.4).

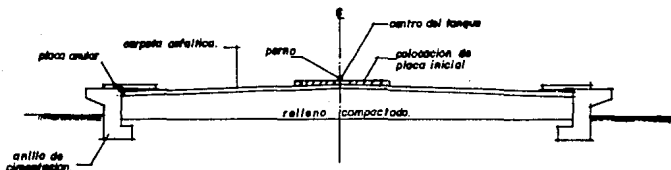


Fig. 3.3.4 Colocación de la Placa Central del Fondo y Perno

Al colocar las placas siguientes a la placa central, se irán colocando 3 puntos de soldadura en cada traslape, para evitar que la placa se mueva. (fig. 3.3.5).

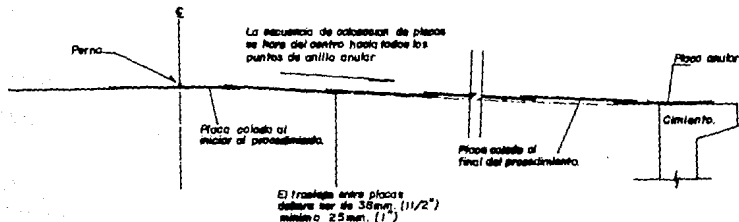


Fig. 3.3.5 Secuencia de Colocación de Placas del Fondo

A continuación se describirá el arreglo del tendido de las placas del fondo comunmente seleccionado por los más importantes diseñadores de tanques:

Las placas formarán hileras y filas transversales. Las placas periféricas de cierre son anulares e irregulares. Las filas de placas transversales deberán traslaparse por encima de las hileras longitudinales adyacentes, a menos que lo prohíba alguna especificación particular del usuario.

- 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) o 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 a los 76 mm. marcados en la primera hilera, punteandola ligeramente a esta.
- 4.- Tender la siguiente hilera de placas a tope con las de la fila transversal (fig. 3.3.6).

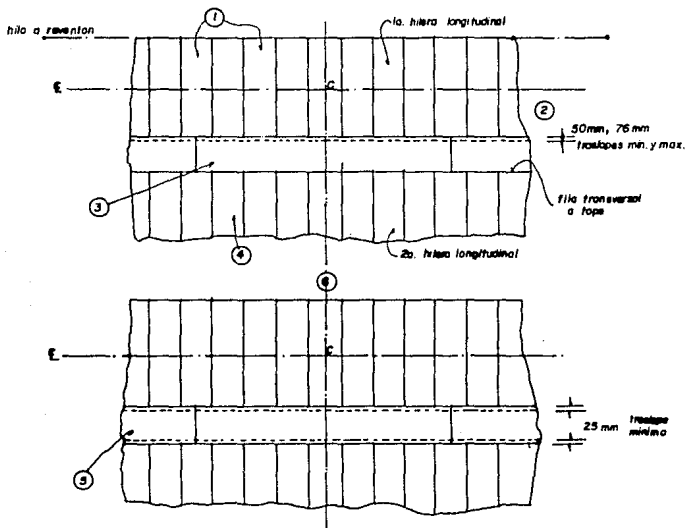


Fig. 3.3.6 Arreglo del Tendido de las Placas del Fondo

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.

6.- Repetir las operaciones anteriores en el lado opuesto simétrico.

#### Secuencia de Soldeo.

El control de la contracción de las placas, debida a la soldadura, es muy importante ya que es la manera de asegurar que

se cumpla con los traslapes especificados manteniendo así la continuidad requerida entre placas. Además que de un "acumulamiento" de contracciones podría causar un desgaste en las últimas placas por unir. De aquí la importancia que reviste el adoptar, en los métodos de soldeo de fondos, una secuencia determinada previamente calificada.

Técnica de Soldeo PDM (Pittsburgh Des Moines Steel Company):

El arreglo del tendido de placas con hileras longitudinales y filas transversales, es el más comúnmente usado en tanques de gran diámetro, como es al que nos estamos refiriendo

Para evitar grandes deformaciones, se recomienda seguir la secuencia de la soldadura, marcada en las juntas con números progresivos y respetar la dirección del avance del soldeo, marcada con flechas. (fig. 3.3.7).

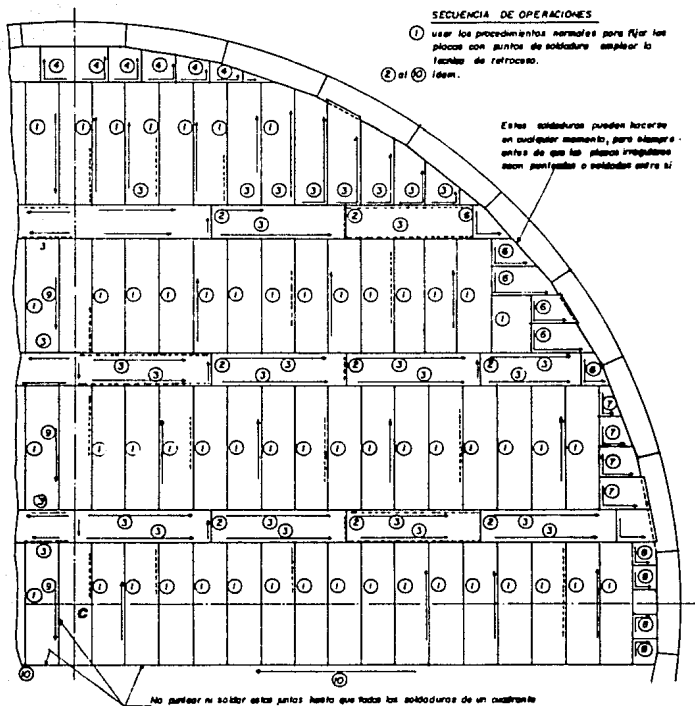


Fig. 3.3.7 Secuencia de Soldeo en Placas de Fondo

## ENVOLVENTE

### Generalidades:

Las operaciones de una construcción continua dependen de un personal bien organizado. El sistema de movimientos en espiral en la envoltente, se ha encontrado es muy eficiente. Acomodar la máquina de soldar automática y el equipo de montaje de modo que sigan siempre el movimiento espiral en sentido contrario a las manecillas del reloj, es buena táctica.

### Metodo General de montaje:

- 1.- Montar el anillo número 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 envoltente y las anulares.
- 4.- Montar dos (2) placas del segundo anillo.
- 5.- Ajustar, fijar y soldar la junta vertical en estas dos placas.
- 6.- Montar la maquina de soldar automatica y revisar au alineación (omitir este paso, si se va a soldar maualmente).
- 7.- Continuar la erección del segundo anillo ajustando, fijando y soldando sus juntas verticales.
- 8.- Ajustar y soldar la junta horizontal entre el primer y el segundo anillo.



- 9.- Montar los anillos restantes: 3, 4 etc., siguiendo la misma secuencia. Soldar siempre las juntas verticales antes que las horizontales.

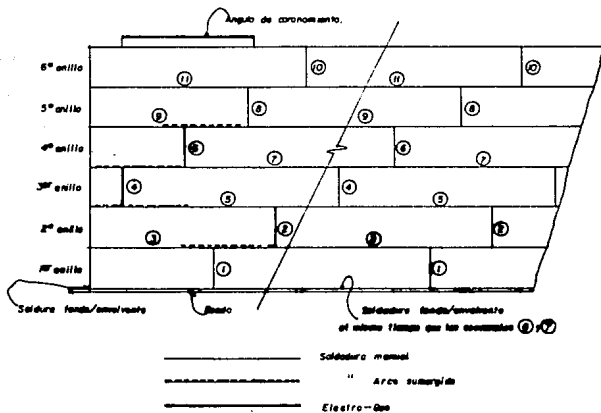


Fig. 3.4.1 Configuración de la Envolvente

Trazos auxiliares para el montaje de la envolvente:

1.- Enganchar la argolla extrema de una cinta metálica de medir, en el perno soldado en la placa central del fondo y trazar tres círculos concéntricos de referencia: El primero, con un radio al medio espesor de las placas del primer anillo de la envolvente. El segundo con el radio interior del tanque, tomado de los planos de montaje. El último con un radio de 25 mm. menor que el segundo (fig. 3.4.2). Incrementar a los valores anteriores el correspondiente al radio del perno y el extremo de la cinta.

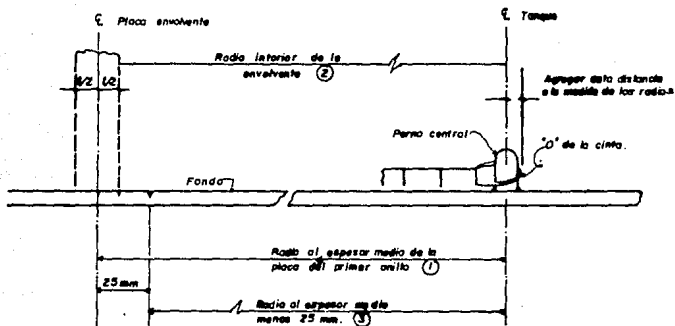


Fig. 3.4.2 Trazos Auxiliares para el Montaje de la Envolvente

2.- 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 media circunferencias en direcciones opuestas, para reducir así el error acumulativa. La longitud de cada cuerda se mide sobre el círculo que corresponde al medio espesor de las placas (eje del anillo).

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 y sirven por lo tanto, para localizar exactamente los extremos de cada placa del primer anillo de la envolvente (fig. 3.4.3).

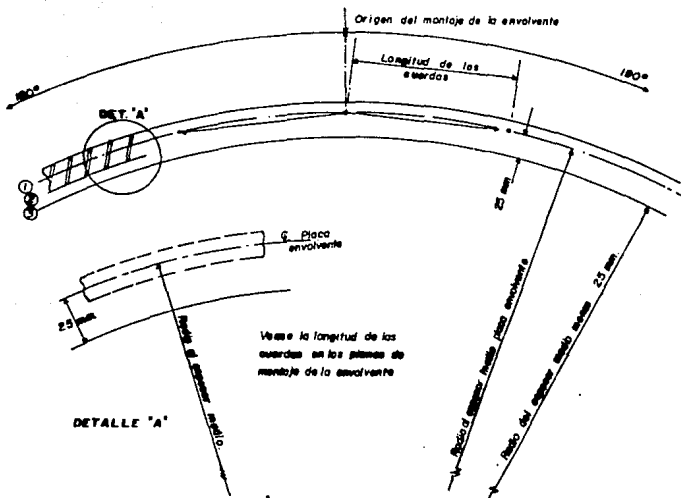


Fig. 3.4.3 Localización de los Extremos de cada Placa del Primer Anillo de la Envolvente

3.- Puntear por pares en las placas anulares 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. 3.4.4) y circunferencialmente en cada arco del 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 a intervalos no menores de 1800 a 2500 mm. (mientras más delgada es la placa de la envolvente, menor será el espaciamento).

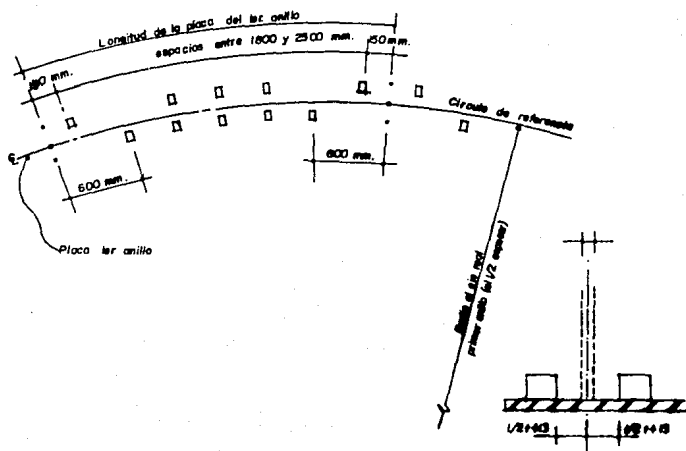


Fig. 3.4.4 Ubicación de Tuercas Lisas sobre Placas Anulares

#### Erección del primer anillo.

Es conveniente revisar las dimensiones de las placas, puesto que puede haber un anillo más angosto que los otros o, puede haber en el mismo, una placa más larga o 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 mensulas del andamiaje, todo esto antes de montarlas (fig. 3.4.5).

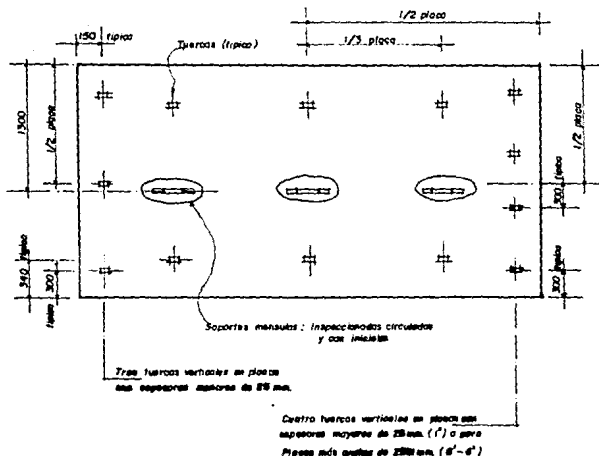


Fig. 3.4.5 Localización de Accesorios para Candados Sujetadores y Rigidizantes

Montar las placas usando el equipo de levantamiento apropiado: grus, montacarga, balancin, pernos, estrobes, etc. (fig. 3.4.6) y los herrajes especificados: candados, reparadores, etc. (figs. 3.4.7 y 3.4.8).

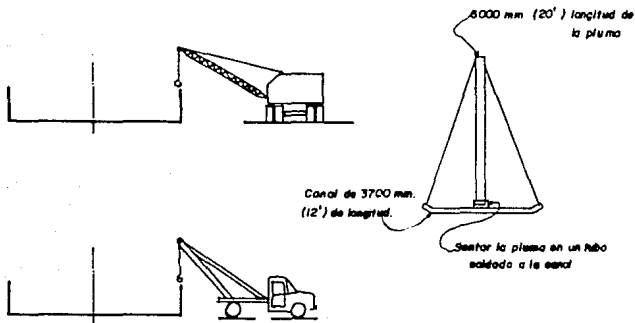
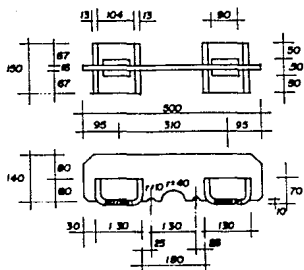


Fig. 3.4.6 Equipo para Levantamiento de Placas

Enganchar y transportar a su lugar la primera placa.

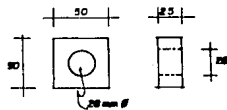
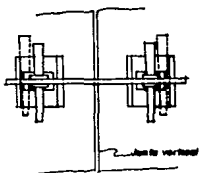
Sentar el extremo de la placa en la marca hecha previamente en el fondo que indica la localización de la junta vertical y sostenerla. Apoyar toda la placa en la cara interior de las tuercas exteriores. Mover la placa hacia adentro o hacia afuera lo necesario para situar el otro extremo en la marca correspondiente.

Plomear la placa con una plomada de 1,80 m. o mas larga y puntear con soldadura tres canales (de las empleadas como rigidizantes) entre la placa y el fondo para sostenerla en su lugar (fig. 3.4.9).

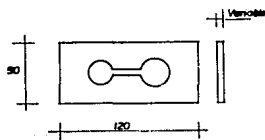
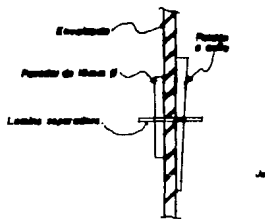


DETALLE DEL CANDADO

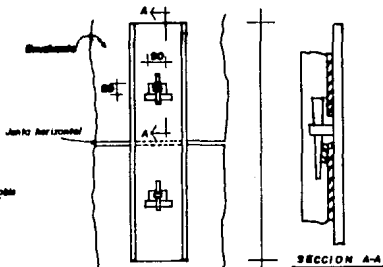
Acotaciones en mm.



DETALLE DE TUERCA LISA



SEPARADOR PARA JUNTAS HORIZONTALES



CANDADO DE CANAL  
PARA JUNTAS HORIZONTALES

SECCION A-A

Fig. 3.4.7 Candados

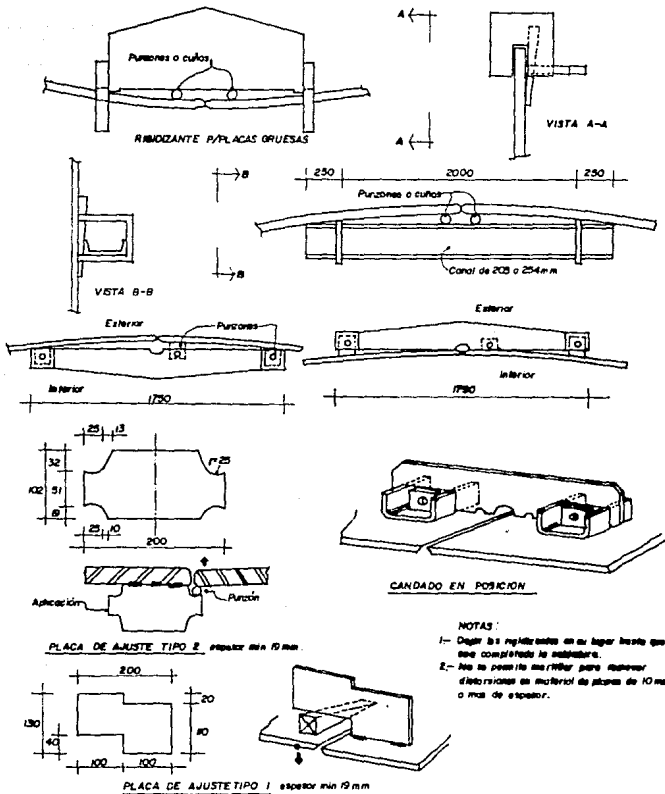


Fig. 3.4.8 Pigidizentes



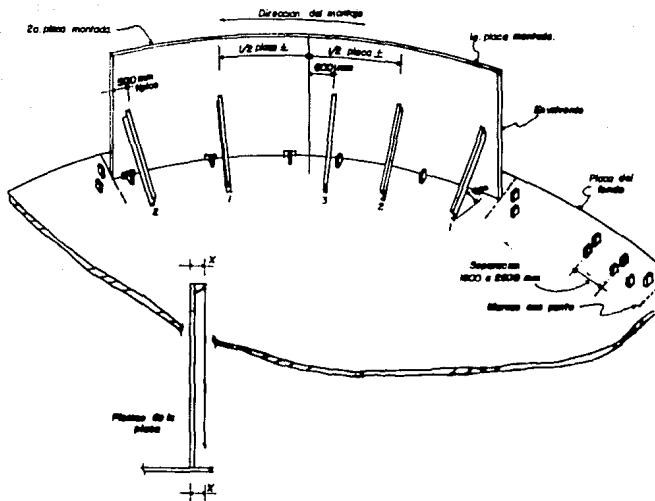


Fig. 3.4.9 Montaje del Primer Anillo

Enganchar y montar sin soltar la segunda placa. Hágase coincidir su orilla vertical con la de la placa montada y fijela a ésta con un candado. Mover la placa hacia afuera 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. Plomear la placa y puntear una canal a 500 mm. del extremo libre y por el lado interior y otra a la mitad de la placa para sostenerla plomeada.

**Placas con puerta de limpieza:**

Antes de iniciar el montaje de la envoltura, la superfi cie revisara si el material de las puertas está completo para que el montaje de éstas no se deje incompleto.

Presentar la s las placas en su ubicación correcta como se indica en el plano respectivo. Después de hacer coincidir las orillas extremas verticales con las de las placas adyacentes, sujétense con candados y placa de sujeción. No desenganchar el equipo de levantamiento hasta que los candados estén apretados (fig. 3.4.10 a).

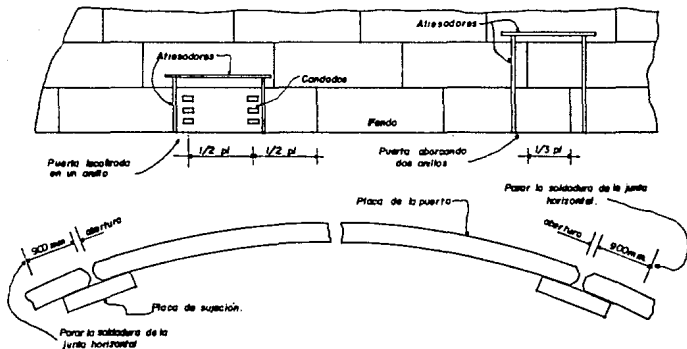


Fig. 3.4.10a Placas con Puerta de Limpieza

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

Las placas de las puertas no se quitan 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. mínimos para cada lado de la placa (fig. 3.4.10b).

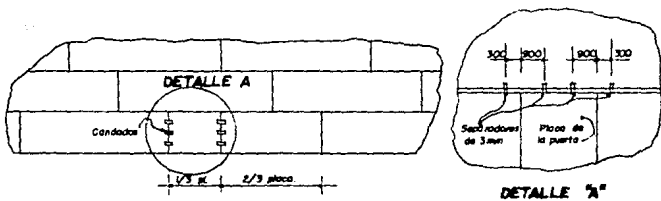


Fig. 3.4.10 b Placas con Puerta de Limpieza

- 3.- La abertura que deja la placa al retirarla ha sido perfectamente atiesada con canales de 3.5 m. de longitud mínima (fig. 3.4.10c).
- 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 las placa de la puerta se pandee hacia afuera y que no quede en línea con las otras de la envolvente en la junta horizontal (fig. 3.4.11).

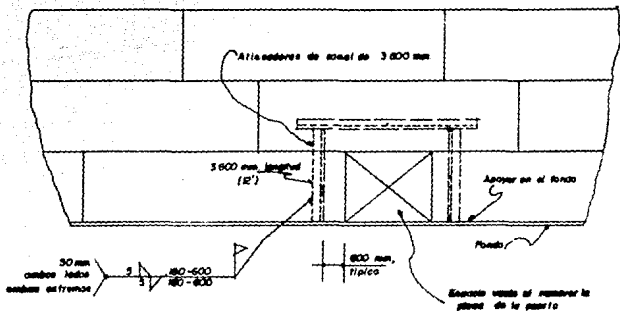


Fig. 3.4.10c Placas con Puerta de Limpieza

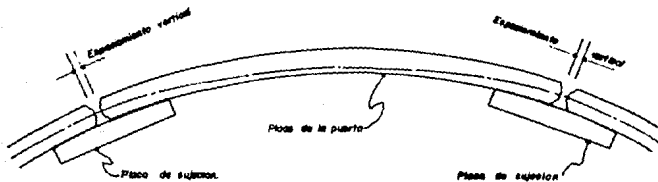


Fig. 3.4.11 Pandeo de Placa de la Puerta de Limpieza.

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

#### Unión 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.

#### Ajustes en juntas verticales:

- 1.- Emparejar las placas en el extremo superior de la junta para que queden al ras.
- 2.- Revisar el extremo inferior de las juntas. Si los anchos de las placas varían más de 3 mm., investigar si hay error de fabricación antes de fijar la junta.
- 3.- 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.
- 4.- Revisar el ajuste de las juntas verticales con una cercha 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.
- 5.- Véanse las figuras 3.4.7 y 3.4.8 para el uso del equipo rigidizante en el ajuste de las juntas.

#### Soldo de las juntas verticales:

Soldar las verticales de acuerdo con el procedimiento de soldadura indicado, así como con 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. 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.

### Soldadura en las junta circunferencial fondo-envolvente:

Esta soldadura puede ser trabaja en el momento que se quiera, después de 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 sear soldadas, pero no hacer ninguna operación bajo una vertical que no ha sido completamente soldada. Para evitar problemas de contracción mayores, es aconsejable soldar la junta fondo-envolvente hasta completar la soldadura del 3er. anillo de la envolvente (fig. 3.4.1).

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 la prueba con líquidos penetrantes. Soldar el otro lado cualquier tiempo después.

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

### Montaje del segundo y demás anillos de la envolvente:

Montar los anillos superiores con el equipo de levantamiento disponible (fig. 3.4.12).

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 (fig. 3.4.12).

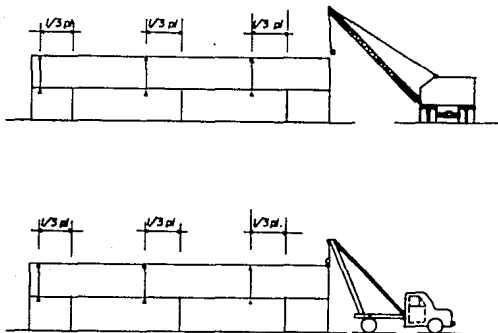


Fig. 3.4.12 Equipo de Montaje

Amarrar cada placa al anillo inferior con canales rigidizantes y separadores como se muestra en la fig 3.4.13.

Los separadores se usarán en la junta horizontal aún cuando no haya abertura de la raíz, estos deberán espaciarse alrededor de 1.20 m. (4'). Siempre asegurar el borde extremo de la primera placa montada. Usar cuando menos tres canales rigidizantes por placa.

Ajustar y soldar las juntas verticales como se indico para el primer anillo.

#### 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. 3.4.12) 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 proceso, el soldeo de la junta, a menudo se inicia antes que todas las verticales sean soldadas y algunas veces antes de que la última placa sea montada.

Sin embargo, no sujetar la junta horizontal si se pasa por cualquier vertical que no haya sido completamente soldada. Las 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 ferrados por un número 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 deberá alojarse dicha placa, podrá no corresponder a la longitud de la placa. Con la junta horizontal ya parcialmente soldada, llegaría a ser muy complicado 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 adapta en el campo.

#### 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.

#### Alineamiento de las placas:

Con la tolerancia aceptable para la longitud de las placas, puede suceder que el desarrollo del anillo resulte ligeramente largo o más corto. Cuando se trabaja con herrajes en cualquier tipo de junta, el ajustador deberá estar consiente de como 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.

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.

#### Variación en la abertura de la raíz de la soldadura:

La variación de la abertura de la raíz en la junta horizontal puede ser originada por una envolvente fuera de nivel y/o mala fabricación.



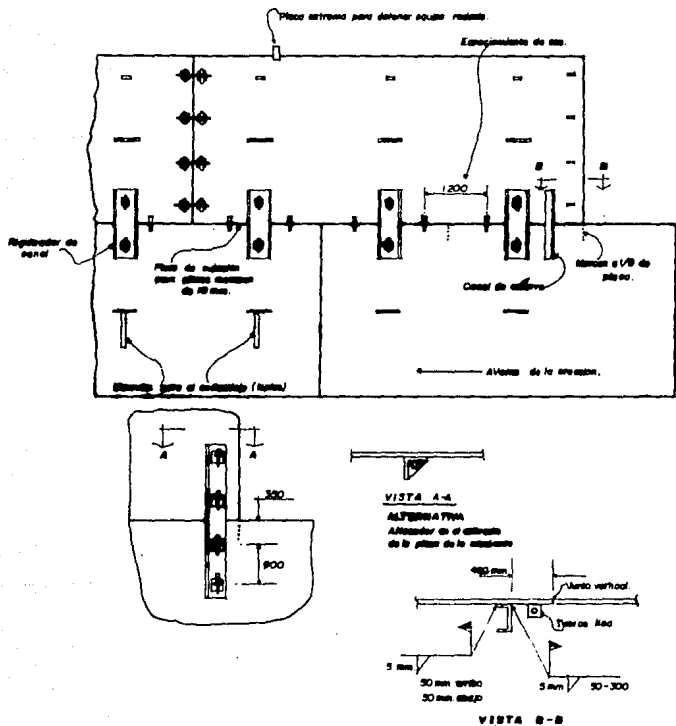


Fig. 3.4.13 Amarre entre Anillos

No usar candados para jalar la abertura de la junta horizontal. Esto podría originar dobleces en el anillo superior más delgado. Si la envolvente abajo de la está fuera de plomo, deberá re-nivelarse.

Separaciones no uniformes en la junta horizontal, puede ser el resultado de una mala fabricación. En estos casos la orilla de la placa deberá rellenarse con soldadura para producir una abertura uniforme.

#### Montaje de miembros estructurales en la envolvente:

Terminada la erección y la soldadura del último anillo se procederá a montar los miembros estructurales como ángulos de coronamiento, traveses de refuerzo contra el viento y ángulos atiesadores adicionales. La erección de éstos miembros, es una operación común y solamente se dan comentarios generales.

#### Ángulos de coronamiento y atiesadores:

Antes de proceder al montaje de éstos elementos deberán revisarse de acuerdo con los planos de fabricación, como sigue:

- 1.- Revisar los extremos de cada pieza para asegurarse que los últimos 600 ó 900 mm. estén rolados apropiadamente.
- 2.- Si los extremos no vienen rolados cortar la parte recta, asegúrese que hay suficiente ángulo para completar el anillo.
- 3.- Antes de soldar el ángulo de coronamiento a la envolvente, plomear el ala vertical del ángulo.
- 4.- Antes de soldar cualquier atiesador, asegúrese que el anillo de la envolvente al cual se conecta, está con la redondez dentro de las tolerancias marcadas.
- 5.- Soldar el ángulo de coronamiento siguiendo las indicaciones de los planos de montaje.

#### Traveses perimetrales de refuerzo contra el viento:

Antes de montar éstos miembros, revisar la redondez de la parte superior del tanque. También revisar la verticalidad de la envolvente en cada junta vertical del último anillo. 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.

#### Revisión de la redondez:

Para revisar si la envolvente del tanque en su parte más alta está fuera de redondez, se procede como sigue:

- 1.- Seleccionar una barra o un ángulo como escantillón de cuando menos 100 mm. más largo que la parte más ancha de la trabe de refuerzo contra el viento (trabe de rigidez).

- 2.- Fijar un alambre resistente o una cuerda de piano con una plomada u otro contrapeso de más o menos 5 Kg. en el extremo del escantillón.
- 3.- Usando el dispositivo anterior, bien fije el escantillón a la envolvente, apoyado en la trabe de rigidez como se ilustra en la figura 3.4.14, medir y registrar la dimensión "A" en pulgadas.
- 4.- En la misma forma, hacer mediciones y registrarlas en todas las juntas verticales y a la mitad de todas las placas del último anillo.
- 5.- Cuando cada medición anterior es hecha, registrar todas las dimensiones "B" correspondientes, también en pulgadas.
- 6.- Usese la siguiente expresión para determinar tolerancias:  $0.01 (D+H)$  = tolerancia del diámetro en pulgadas, donde D es el diámetro del tanque y H su altura, ambas dimensiones en pies. Si la diferencia entre la más grande y la más pequeña dimensión "B" en todo el perímetro del tanque es igual o menor que la tolerancia del diámetro calculada, la redondez de la envolvente se considera correcta para un funcionamiento satisfactorio del techo flotante.  
La diferencia B-A de cada medición da, en cada punto medido la cantidad fuera de plomo de la envolvente.

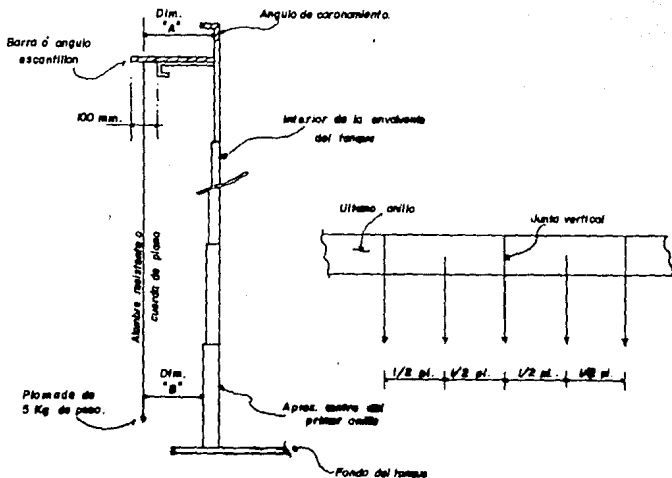


Fig. 3.4.14 Verificación de la Redondez

#### Protección contra el viento:

Los procedimientos para suministrar protección contra daños originados por el viento, varían con la localización del tanque y la época del año en que se hace la erección. Deberá usarse la experiencia local para determinar la protección adicional que deberá ser proporcionada, además de los requerimientos mínimos.

#### Requerimientos mínimos:

Los siguientes son los requerimientos mínimos que deberán ponerse en operación al finalizar cada día de trabajo.

- 1.- Se puede usar el andamio hecho a base de mánuculas y tabloncillos como trabe de refuerzo contra el viento. Se

- puede instalar en el tercer anillo, cuando se ha iniciado el montaje del cuarto.
- 2.- Cuando se está montando un anillo siempre es conveniente completarlo antes que el personal se retire de la obra al llegar la noche, pero esto no siempre es posible. Cuando no pueda completarse el montaje, los extremos abiertos del anillo parcialmente montado, deberán contraventarse con retenidas hacia adentro y hacia afuera con cable de 10 mm. mínimo de diámetro.
  - 3.- Cuando en un tanque se diseñan atiesadores permanentes, éstos deberán montarse y soldarse inmediatamente después que la junta horizontal arriba de ellos ha sido soldada. Si el atiesador no interfiere con la soldadura de los cordones horizontales, deberá montarse tan pronto como la soldadura de las juntas verticales ha sido terminada por completo.
  - 4.- El equipo de soldar u otros equipos pesados suspendidos de la envolvente deberán sujetarse con cables de retenida de 10 mm. hacia afuera, durante las noches.
  - 5.- Es recomendable usar la trabe permanente de refuerzo contra el viento como andamiaje.

#### Limpieza de la envolvente del tanque:

La superficie exterior e interior se limpiaran 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, todos los salientes puntiagudos de más de 1.5 mm. de altura, deberán ser cincelados de modo que queden superficies lisas. Cualquier saliente que proyecte filos o puntas debe ser esmerilado.

## 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, tubo-sello 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 volumen de flotabilidad proporcionado por el pontón y las boyas es más que el adecuado para sostener el diafragma flotando si ocurriese una rotura.

### 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 maniobras del montaje se llevan a cabo siguiendo el orden indicado a continuación:

- 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 de 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, válvulas, etc.

### Sub-ensamble y montaje del pontón:

Las partes principales del pontón son:

- La envolvente exterior 1, compuesta de dos placas, la superior 1A y la inferior 1B.

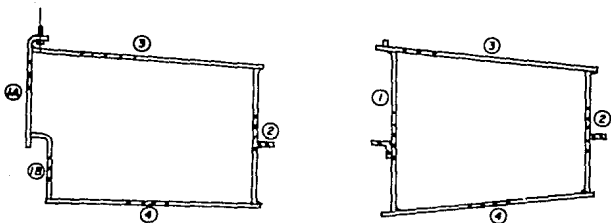


Fig. 3.5.1 Sub-ensamble del Pontón

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 o, en el interior del mismo directamente sobre el fondo pero tomando en cuenta su pendiente, nivelando el sector inferior 4 con calzas.

Orden de Armado:

- A. Iniciar el ensamble por secciones, tendiendo las placas del sector inferior de cada sección sobre la cama nivelada o dentro del tanque. 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, colocar la inferior sobre la cubierta o sector inferior punteándola y en seguida la superior.
- C. Colocar placas divisorias de los compartimientos del pontón, punteándolas a la envolvente y al sector inferior.
- D. Colocar y puntear en la misma forma que la envolvente exterior, la interior.
- 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 ensamble indicada para la primera sección del pontón en las restantes, montandolas a una altura adecuada y en forma provisional, tal como se indica en la figura 3.5.2. Se permite usar placas de cierre en el ajuste final.
- G. Soldeo del pontón. 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.

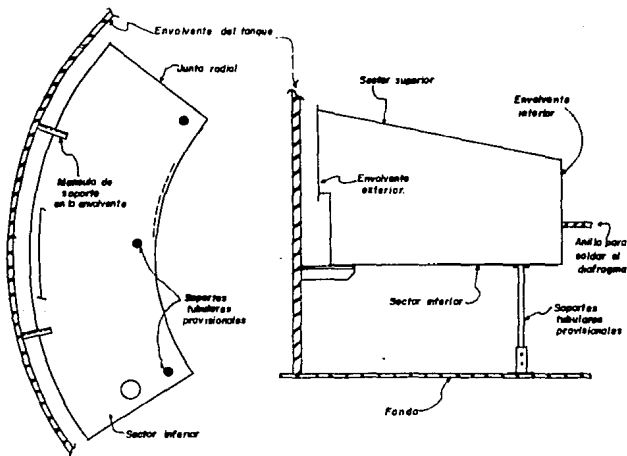


Fig. 3.5.2 Ensamblado de Pontón



### 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 radiales, de 2" x 8" x 8' y 10" (lo que haya disponible) a fin de obtener la horizontalidad que se necesita.

La figura 3.5.3 indica un arreglo típico de los componentes del sistema de apuntalamiento.

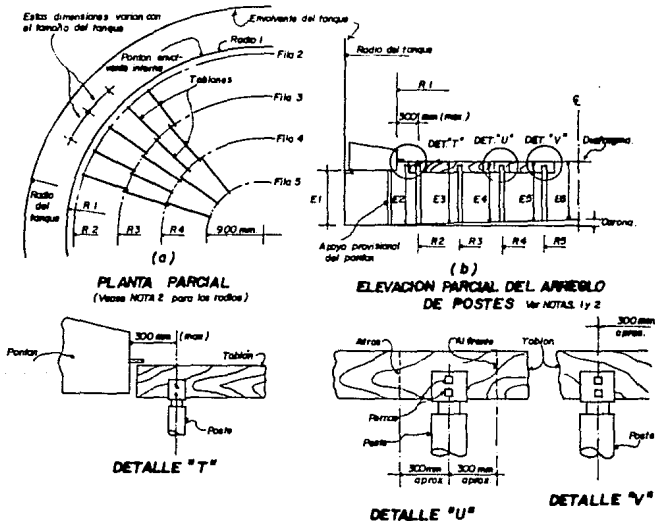


FIG. 3.5.3 Arreglo típico de los Componentes del Sistema de Apuntalamiento

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. 3.5.4 a y b ). Por su extremo superior, lleva soldada una horquilla hecha con placas de 13 mm. de espesor donde se apoyan los tabloncillos radiales. En los soportes donde hay empalme de tabloncillos, la horquilla es de ancho doble para alojar dos tabloncillos. En ambos casos los tabloncillos se fijan a las horquillas con un par de pernos de 16 ó 19 mm. de diámetro. Mediante la serie de agujeros en la base de los postes, se logra uniformizar las alturas para tener los tabloncillos en posición horizontal. Se sugiere que cada poste sea fijado al fondo del tanque con puntos de soldadura, debiendo arriostrarse convenientemente con perfiles angulares de estrella, conectados horizontalmente más o menos a la media altura de los postes de sosten. Para impedir que éstos se muevan mientras se está tendiendo el techo.

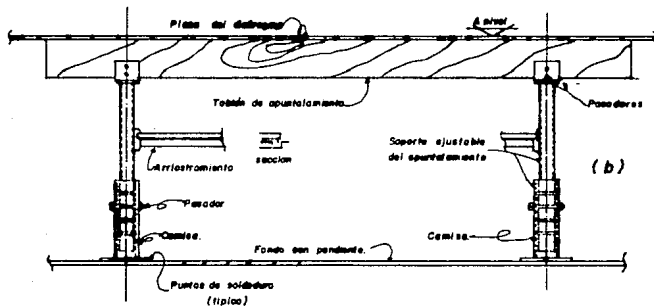
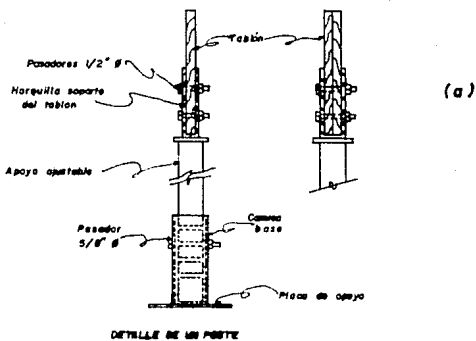


Fig. 3.5.4 a y b Poste de Apuntalamiento

#### Arreglo y tendido de las placas del diafragma del techo:

Con un 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 avanzando 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 3.5.5 exhibe el arreglo usual de tendido de placas de diafragma.

#### Secuencia de soldeo del diafragma:

La figura mencionada en el párrafo anterior, indica 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 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 aplicables a la soldadura del diafragma.

#### Instalación de boyas y soportes definitivos del techo:

En las figura 3.5.6 se sugiere un arreglo de boyas y de los postes de soporte. Se notará que algunos de los postes tubulares caen directamente en costuras de soldadura. Se recomienda, en estos casos, que éstos apoyos sean relocalizados en el campo de modo que no coincidan con las juntas soldadas 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 costura. Soldarlas al diafragma y abrir agujeros para el paso de la camisa de sus postes de apoyo. Instalar en el agujero de la placa de refuerzo y soldarlas.

Para asegurar los postes a su camisa correspondiente como se indica en el plano de montaje, es necesario elevar el diafragma hasta 15 mm. para insertar el perno de sujeción. Se sugiere una técnica a base de gatos apoyados en bastidores hechos de fierro plano.

Después que se ha terminado la instalación definitiva de la totalidad de los postes, la obra falsa de soporte puede ser desmantelada.

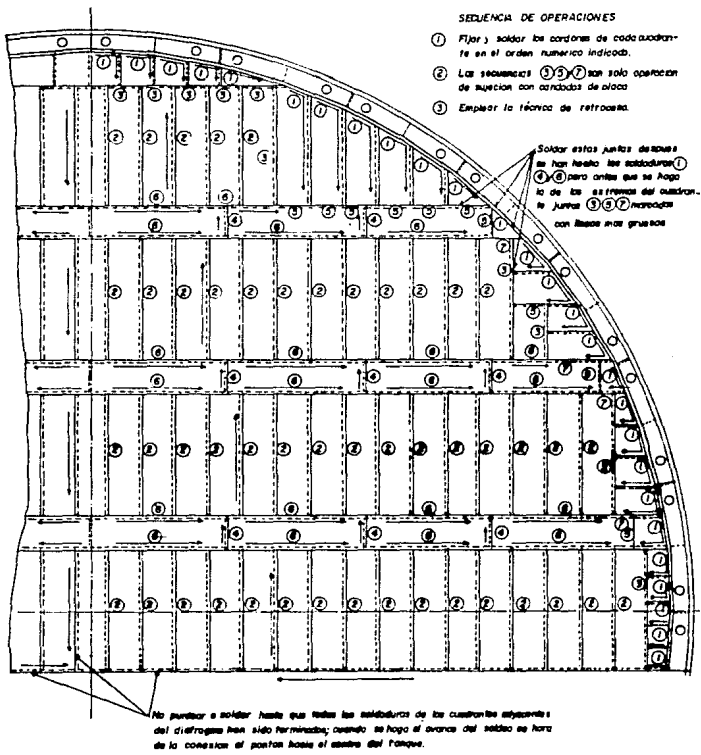


Fig. 3.5.5 Arreglo Usual del Tendido de Placas del Diafragma

#### Instalación de Accesorios:

Terminando el montaje del diafragma, proceder a la instalación de los accesorios complementarios requeridos para el funcionamiento 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 envolvente.
- 2.- Armar las secciones de la escalera sobre los carriles en su posición extrema horizontal. 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, guarda mangueras, parrillas de drenaje, etc. Toda perforación hecha al diafragma deberá verificarse con líquido penetrante después de soldar el accesorio.

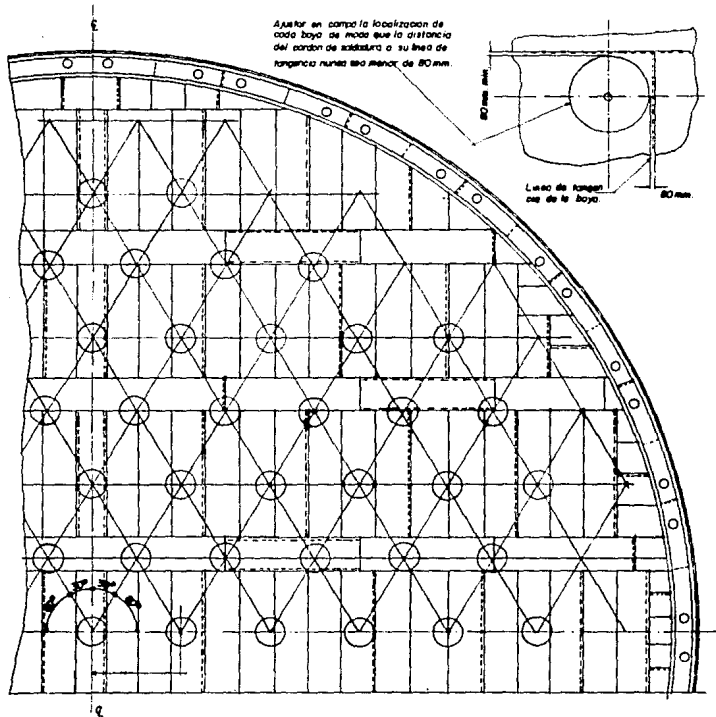


Fig. 3.5.6 Arreglo de Boyas y Postes de Soporte Definitivos

## TUBO-SELLO

### Generalidades:

El sistema de sellado para los Tanques de Techo Flotante en uso en PEMEX es el denominado Tubo-Sello. Se trata de un dispositivo ideado para cerrar herméticamente el espacio anular entre el pontón perimetral del techo flotante y 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 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 el líquido, se acomoda asimismo a las menores irregularidades de la envolvente tales como las costuras de las soldaduras. La figura 3.6.1 representa 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 estándar es de -29 C a +93 C. Se dispone, sin embargo de fórmulas especiales para la fabricación de sellos para condiciones más severas del medio ambiente.

### Instrucciones para la instalación del Sello.

A continuación se expone la secuencia que se sigue para la instalación correcta del Tubo-Sello.

- 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 si y 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.
- 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 cortante que haya en el espacio donde se alojará el sello, deberán ser movidos.
- 6.- Antes de desempacar la banda de desgaste y el Tubo-Sello limpiar, barriendo 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 instala 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 figura 3.6.2 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 las tuercas en los tornillos, hasta dejar firme la banda 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, usando tornillos de coche con la cabeza alisada hacia la envolvente. No apretar los tornillos. La banda se fija abajo en dos apoyos: El ángulo inferior sobre el brazo angular y directamente en la placa inferior 1B de la envolvente exterior del

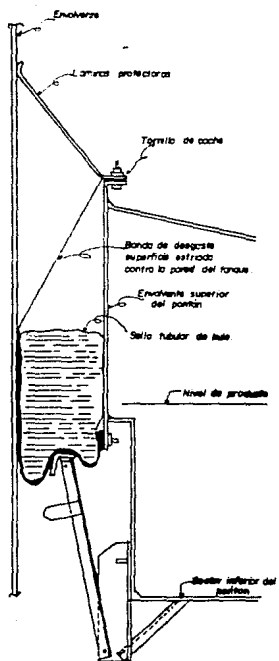


Fig. 3.6.1 Partes del Tubo-Sello

- pontón (fig. 3.6.1).
- 8.- Después de completar el atornillado provisional en el ángulo inferior, desempacar el Tubo-Sello inspeccionando el interior de la caja, por si hay clavos que hayan

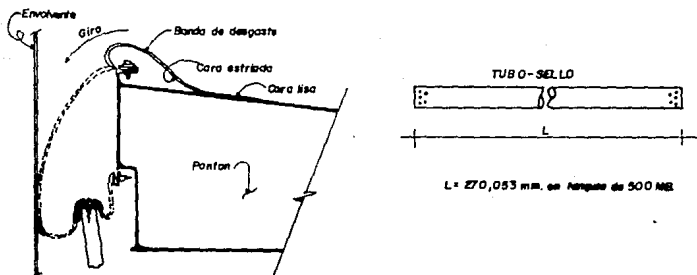


Fig. 3.6.2 Instalación del Tubo-Sello

- 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. 3.6.3) 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.- Vaciarle al tubo por un extremo aproximadamente 40 litros de petróleo diáfano. Sostener el extremo levantado y a unos 2.00 m. 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 retenido en su parte baja, buscar señales de goteo o humedad. Reparar en caso necesario con el equipo de reparación que se suministra. Revisado el estado del Tubo-Sello, proceder

3. colocar en su lugar descolgando de los tornillos del botón la banda de desgaste, en una longitud de 2.50 a

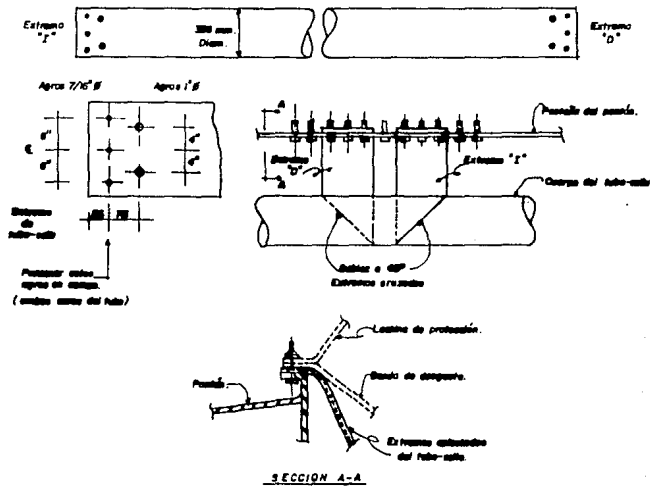


Fig. 3.6.3 Preparativos al Tubo-Sello

3.00 metros, dejando caer el tubo sobre la banda. Dóblense los extremos del tubo con el doblez hacia el pontón y fíjense en los tornillos soldados el doblez (fig. 3.6.3). Subir y enganchar la banda. Descolgar otro tramo de igual longitud dejando caer el tubo, inmediatamente subir la banda y engancharla en los tornillos. Repetir esta operación en toda la longitud del tubo. Al colocarlo, asegurarse que la costura longitudinal quede del lado del pontón y deberán tomarse las precauciones para no lastimarlo con las cuerdas de los tornillos o las aristas metálicas.

- 10.- Después de colocar todo el tubo y la banda de desgaste enganchada en su lugar (no atornillada) 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 encartado y sin apretar las tuercas. Vaciar líquido hasta completar la primera cuarta parte de la cantidad total especificada. Parar el llenado, desprender la banda de desgaste de tres en tres tornillos y efectuar una minuciosa inspección del sello cerciorándose que el tubo esté liso sin arrugas ni 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 60% 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 su periferia. Siempre es preferible usar petróleo diáfano para llenar el tubo.
- 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 esto 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 (fig. 3.6.4).
- 13.- Para cualquier ponchadura o piquete, que pudiese desarrollarse en el tubo, se pueden hacer las reparaciones de acuerdo con las instrucciones que se adjuntan en cada equipo de reparación.
- 14.- Verificar nuevamente que toda rebaba, borde, cordón de soldadura, salpicadura, etc. en la parte inferior 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

### DETALLE COLOCACION DE LAS LAMINAS DE PROTECCION

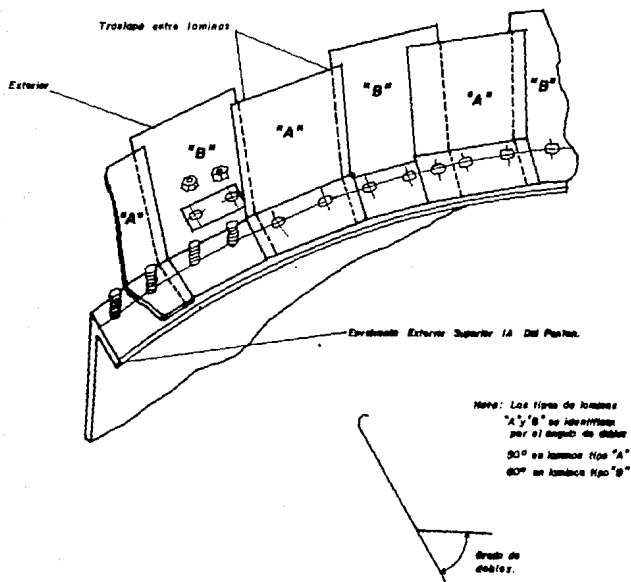


Fig. 3.6.4 Instalación de Láminas de Protección contra la Lluvia

- más baja a su 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 enseguida la prueba de flotación llenando el tanque con agua hasta desbordarse. Durante el primer ciclo de recorrido del techo hasta el nivel superior y regreso 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-Sello para lo cual se han dejado los extremos sin prensar. Concluido el recorrido, se colocarán las placas de protección faltantes y las barras de fijación del Tubo-Sello.

## ACCESORIOS

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

Los cortes en la envoltura para la entrada de las boquillas deberán hacerse con exactitud. La perifería 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 y las esquinas redondeadas con esmeril. Las boquillas deben estar bien acabadas con esquinas esmeriladas, bien aisladas, libres de grietas y recortes. Todas estas preparaciones deberán hacerse antes de iniciar la soldadura de las boquillas (fig. 3.7.1)

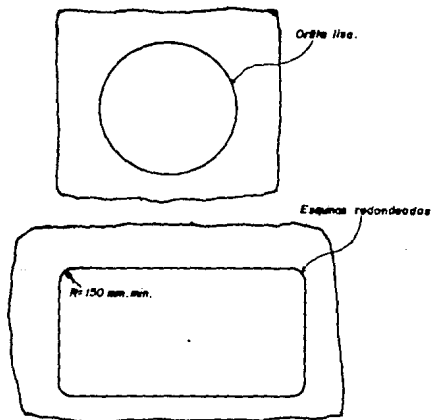


Fig. 3.7.1 Cortes en la Envoltura



### Soldado de Accesorios:

El proceso de soldado en la perifería de las aberturas de entrada de las boquillas crea esfuerzos de contracción, los cuales pueden ser mejor controlados usando el procedimiento de "cascada" en una secuencia apropiada (fig. 3.7.2).

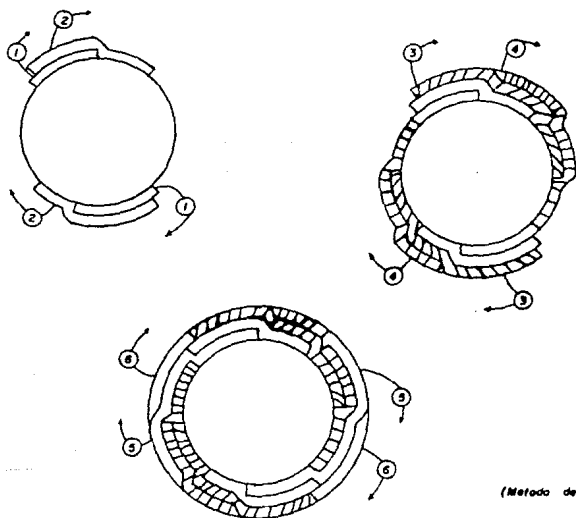


Fig. 3.7.2 Procedimiento de Soldado en "Cascada"

## PRUEBAS, INSPECCIONES

### Inspección de Soldaduras del Fondo y Techo del Tanque:

Un procedimiento eficaz para inspeccionar los cordones de soldadura de fondos y aprobados por API, es mediante la prueba de vacío hecha por medio de una caja de metal de 150 mm. de ancho y 900 mm. de largo (fig. 3.8.1), con una tapa de doble cristal y el fondo abierto el cual es sellado contra la superficie del fondo del tanque con un empaque de neopreno o de hule espuma.

Se coloca la caja sobre el cordón enjabonado y se origina un vacío. La presencia de porosidad o fugas en la costura es indicada por burbujas o espuma producidas por aire succionado a través del cordón de soldadura.

En la misma forma en que se prueban las costuras traslapadas del fondo, con la caja de vacío, se probará la soldadura del diafragma. Si se descubren porosidades o fugas, reparar de inmediato. Asimismo la soldadura en el fondo/envolvente en el primer anillo, será probada con líquido penetrante después de soldar el cordón exterior. Rociar petróleo diáfano por la junta interior antes de soldarla.

### 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 periodo 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 Flotación:

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

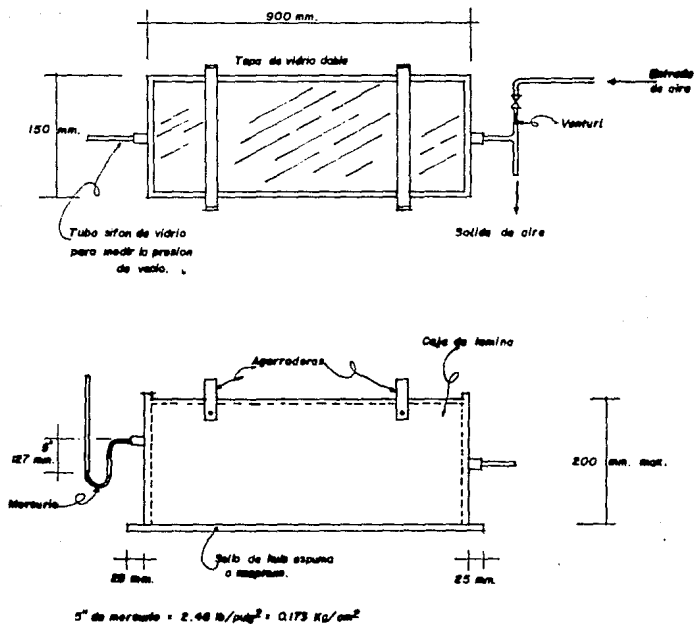


Fig. 3.8.1 Caja para Prueba de Vacío

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.

#### Inspección Final:

Antes de entregar el tanque totalmente terminado al usuario, el montador junto con el residente de la contratista y el supervisor, harán una amplia revisión final al trabajo hecho para confirmar que está completo y por encima de la calidad requerida.

#### Fondo:

- Revisar, buscando juntas sin soldar, soldaduras de menor dimensión, soldaduras defectuosas y socavaciones.
- Barrer todo el fondo para dejarlo limpio.
- Remover todos los salientes y rebabas.
- Remover la escoria de todas las soldaduras.
- Reparar los socavados y muescas.

#### Fondo al primer anillo:

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

#### Envolvente:

- Todos los salientes o conexiones a andamiajes serán removidos y resanados.
- Las rebabas se quitarán con cincel, los socavados, rellenados y luego esmerilados.
- Todas las soldaduras verticales y horizontales serán inspeccionadas para descubrir socavados y que los refuerzos y porosidades estén dentro de las tolerancias especificadas.

#### Trabes de refuerzo y ángulos de coronamiento:

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

#### Accesorios:

- Todas las soldaduras serán del tamaño indicado en planos y sin socavados.
- Los agujeros de entrada y las caras de todas las bridas se revisarán para que estén de acuerdo a los planos respectivos.
- Asegurese que todos los refuerzos han sido probados.
- Las rebabas alrededor de las boquillas serán removidas.

#### Escaleras y escalas:

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

## PINTURA

El trabajo de pintura interior se inicia cuando se ha terminado:

- Armado y soldado del fondo.
- Prueba del fondo.
- Armado y soldado del diafragma del techo.
- Armado y soldado de la envolvente.
- Limpieza y resane general del interior del tanque.

Pintura inferior del diafragma, pontón y fondo. Envolvente por el lado interior (todas las superficies metálicas en contacto con el crudo), boyas:

- La pintura se aplicará antes de hacer la prueba de fiabilidad e hidrostática del cuerpo del tanque.
- No armar el sello y la banda de desgaste antes de haber terminado la pintura inferior y superior del diafragma.
- Las placas del diafragma, previo al tendido llevarán, como en su momento se menciona, la pintura especificada. Los resanes originados por la aplicación de la soldadura se harán como complemento de terminación.

Pintura exterior de la envolvente.

- Iniciar esta etapa cuando se haya terminado de aplicar en su totalidad, la pintura interior, los resanes y la limpieza de rebabas de soldadura.
- El montaje del Tubo-Sello se hará simultáneamente con la etapa de pintura exterior siempre que no haya problemas con la arena que arrastra el viento, ya que esto dificulta e impide la aplicación de pintura por el exterior del tanque.

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

### ORGANIZACION DE OBRA

#### Teoría General de la Organización.

En todas las variadas actividades acometidas por el hombre, desde su existencia como tal, ha sido necesario establecer la forma de llevarlas a cabo designando quiénes deben ser los que dan las órdenes, cómo deben dárseles, quién debe y cómo debe obedecer, qué camino deben recorrer las órdenes para su ejecución, etc. Es decir, ha habido necesidad de que alguien determinase cómo debía realizarse la actividad o empresa que iba a emprender, repartir los cometidos, fijar los objetivos y la manera de alcanzarlos. En una palabra ha sido necesaria la organización de la realización de la actividad, fuese ésta la que fuese.

En relación con la industria de la construcción, la organización científica del trabajo no se ha desarrollado como en otras industrias. Aunque se han realizado estudios de movimientos, éstos no se han aplicado, como ha ocurrido en otras industrias, donde la mejora de métodos de trabajo se aplica constantemente. Las aplicaciones de la organización científica del trabajo en nuestra industria se ha canalizado a la organización interna de las empresas constructoras, reestructurándolas en su funcionamiento y organización.

Tipos de Organización:

Se suele considerar tres tipos clásicos de organización:

1. Reglamentaria.

2.- Lineal.

3.- Funcional.

En realidad, difícilmente encontraremos organizaciones que correspondan exclusivamente a uno de estos tres tipos.

#### Reglamentaria:

Cuando en una entidad sus componentes no pueden tomar sus decisiones por iniciativa propia, sino atendidas exclusivamente a normas y reglamentos fijados rigidamente de antemano. El tipo clásico es la Administración del Estado.

#### Lineal:

Esta se emplea en organizaciones donde es decisiva la rapidez de ejecución y la delimitación de responsabilidades. El caso típico se da en el Ejército (en sus niveles inferiores), en los cuerpos de bomberos, etc. Se observa que la circulación de órdenes tiene una canalización claramente definida; las responsabilidades están perfectamente definidas, lo que permite mantener la disciplina.

#### Funcional:

En una obra, se presenta de manera inevitable la necesidad de organizar el nivel de capataces de forma lineal: Un jefe de frente tiene a sus órdenes a varios capataces, cada uno de los cuales manda a varios jefes de equipo o cuadrilla, y a su vez, cada uno de éstos dirige a los componentes del equipo o cuadrilla.

La organización funcional, surge con el fin de evitar los inconvenientes de las organizaciones de tipo lineal, se recurre a modificarlos descentralizando y añadiendo "estados mayores" o consejeros especialistas, evitándose así la dificultad que presenta la organización lineal de cubrir los puestos de jefes con personal apropiado. De esta manera, un jefe lineal no necesita tener conocimientos muy especializados, a su vez, el grupo de especialistas que se le adjuntan no necesita tener excepcionales cualidades de mando, siendo así mucho más fácil la selección de personal.

#### Organización de una Obra:

A pesar del corto periodo de tiempo que suele durar una obra, es de suma importancia el introducir una organización a esta.



Esta organización tendrá como características:

- 1.- Sencillez.
- 2.- Centralización. Se recomienda al concentrar autoridad y responsabilidad en el Jefe de Obra.
- 3.- Diferenciación entre la organización de la obra en planta (colocación de maquinaria, almacenes, accesos, distribución de frentes) y la organización general de la obra. La primera es distinta para cada obra aunque pueden aplicarse ciertos principios generales a todas. La segunda cambiara muy poco y, una vez establecida, pasará de una obra a otra, conservando sus características generales. Esta tendrá además, como característica principal, la acumulación de autoridad y, por tanto de responsabilidad, en el Jefe de Obra.

Ejemplo de un Tipo Conveniente de Organización:

En este ejemplo se expone un esquema de organización de tres frentes, podríamos hacerlo de un número igual al de frentes que la construcción del tanque requiere pero con el fin de hacerlo más claro nos referiremos a uno pequeño.

Las características más importantes de esta organización son:

- 1.- Posición central del Jefe de Obra, de este parten todas las líneas de mando.
- 2.- Una división del organismo en dos zonas: una ejecutiva, encabezada por los jefes de frente y otra zona no ejecutiva en la que se encuentran diversos grupos que no intervienen de forma directa en la ejecución de la obra, pero sin cuya existencia y correcto funcionamiento, la parte ejecutiva no puede realizar su misión. Obsérvese la posición central del Jefe de Obra respecto a las dos zonas (fig. 4.1).
- 3.- En la zona ejecutiva, el tipo de organización elegido es la lineal (ver fig. 4.1). Es la más apropiada para esta zona, por ser esencial en ella la rapidez de ejecución y la delimitación de responsabilidades.
- 4.- En la zona no ejecutiva, la organización interna de cada grupo puede ser parcial o totalmente lineal. Pero considerando el conjunto Jefe de Obra - Zona no Ejecutiva, se observa una organización de carácter lineal muy débil.

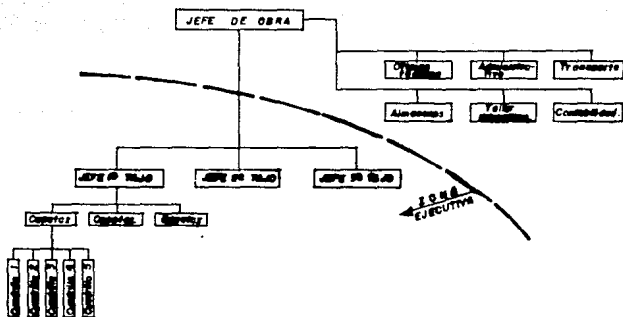


Fig. 4.1 Tipo Conveniente de Organización

#### Zona Ejecutiva:

Como se ha dicho, su organización es estrictamente lineal, encontrándose al frente de cada tipo de jefe, responsable directo ante el jefe de obra. De cada jefe de frente dependen un número determinado de capataces. Cada capataz tiene a sus órdenes un número determinado de jefes de equipo o cuadrillas.

## Zona No Ejecutiva.

Esta formada por los siguientes grupos:

Oficina Técnica.- Encargada de realizar las operaciones técnicas inherentes en toda obra: Topografía, replanteos, facilitar planos y especificaciones a los jefes de frente, comprobar que la obra se realiza de acuerdo con el proyecto, ensayos de materiales, dosificaciones, etc., pedidos de materiales, mediciones de obra, etc. Además establecerá el orden de trabajos, de acuerdo con el plan de obra. Es el grupo de la zona no ejecutiva más en contacto con la ejecutiva. El jefe de la oficina técnica no debe entenderse con nadie más que con el jefe de obras y recordar que su misión no es dar órdenes, sino informar.

Administración.- Se ocupa de cuestiones como: Personal listeros, resolver los asuntos sociales, correspondencia con la gerencia, relaciones públicas, etc.

Transportes y Compras.- Partiendo de los pedidos de materiales formulados por la oficina técnica, organiza su adquisición y transporte.

Almacenes.- Realizará el almacenamiento de los materiales suministrados por transportes y compras, comprobando su existencia y sus entregas en obra.

Taller Mecánico.- Encargado de la conservación y reparación de toda la maquinaria de la obra. Sin embargo no debe pensarse que puede realizar "todas" las reparaciones, pues el montaje de un taller de estas características resulta costoso.

Contabilidad.- Se ocupa de realizar nóminas, facturas de suministros, los pagos, envío de datos contables con la gerencia, etc.

## Estudio de la Obra:

Para desarrollar un Plan de Obras (PO), necesitamos encontrarnos en posesión de un proyecto completo de la obra a realizar, lo más común es que los autores del proyecto o la propiedad faciliten un ejemplar completo del Proyecto, mediante el depósito de una fianza.

Un proyecto suele constar de los siguientes documentos:

MEMORIA	Memoria descriptiva.
	Memoria de calculo o justificación para las soluciones adoptadas.
PLANOS	Ubicación.
	Arquitectonicos.
	Estructurales.
	Instalaciones * {Hidraulicos, sanitarios, electricos, gas, telefonicos, calefacción, etc.}
	Desgloce de conceptos.
CATALOGO	Unidades.
	Mediciones.
	Cubicaciones.
	Presupuesto estimado

\* Para nuestro caso los Planos de Instalaciones se referirían a: Equipo de seguridad contra incendio, boyas, accesorios, drenaje, etc.

En obras "no oficiales", los documentos suelen reducirse a: Memoria de calculo, Pliego de condiciones y Planos.

Una vez en posesión de todos los documentos del Proyecto, es indispensable un estudio a fondo de los mismos para que la empresa constructora adquiera un conocimiento exacto de las intenciones de los autores del mismo.

El proyecto nos facilitara ciertos datos indispensables para el establecimiento del PC. Entre éstos, figuran:

- 1.- Ubicación de la obra, dato decisivo en su organización.

- 2.- El volumen total del proyecto, que nos orientara sobre la inversión total a realizar por la empresa.
- 3.- El plazo, que en unión del dato anterior, nos determinara la distribución de la inversión en el tiempo.
- 4.- Los subcontratistas necesarios.

#### Establecimiento del Plan de Obra:

Normalmente el estudio completo del Proyecto no permite conocer todos los datos necesarios para establecer al PO. Debido a esto es indispensable una inspección ocular del lugar en el cual se trabajara (visita de obra), así como una visita a la región, esto, para completar los datos requeridos.

La visita al lugar de la Obra nos permitirá conocer el estado de los accesos, la proximidad o lejanía de fuentes de suministro de materiales y energía, la posibilidad de establecer almacenes en sus proximidades, (los tanques de almacenamiento de este tipo se emplean, principalmente, en campos de explotación esto, en determinado momento puede restringir espacios), el propio estado del lugar de la obra, que podría estar ocupado por construcciones o arbolado que habrá que demoler, la posible existencia de líneas eléctricas o hidráulicas que habrá que desviar, cabe recordar que en muchas ocasiones el monto que alcanza la "obra inducida" es muy alto, por lo que es importante tener idea del volumen de esta para considerarla en el presupuesto.

Es conveniente, además, antes de emesar la obra, comprobar las dimensiones del lugar, para evitar errores y pleitos con los propietarios de los terrenos colindantes.

Por último hay que tener en cuenta la infraestructura con que se cuenta en el lugar, ya que así como nos puede ser de gran utilidad (carreteras, ferrocarril, etc.), puede no permitirnos el establecimiento de almacenes u oficinas en sus proximidades.

La visita a la región nos facilitara los datos necesarios sobre los puntos de suministro de materiales y mano de obra más convenientes.

Los tanque de almacenamiento de 500,000 bls. se encuentran ubicados, básicamente por razones de seguridad, fuera de zonas urbanas, debido a esto, la visita a la comarca adquiere mayor importancia, ya que trataremos que esta sea nuestra principal fuente de aprovisionamiento.

Se consideran como datos más importantes :

Localización de yacimientos de agregados. Se recogeran muestras para comprobar, mediante análisis en laboratorio, si sus cualidades responden a la exigidas en el proyecto. Se estudiara además si los yacimientos localizados son suficientes, de no ser así se tomaran las medidas necesarias.

-Proximidad de puntos de aprovisionamiento de materiales, realizando los primeros contactos con los proveedores, tratando de obtener información acerca de su capacidad de producción, solvencia económica, puntualidad, calidad y precios de materiales. Naturalmente, la información sobre precios es sólo a título informativo, posteriormente, el jefe de compras de la empresa, establecerá las condiciones de compra (precio y forma de pago) más conveniente.

-Existencia de mano de obra en la región. La mano de obra especializada puede no existir en número necesario. Es preciso entonces, prever su traslado de otra región y preparar alojamientos suficientes. Con la mano de obra sin calificar (peones) puede ocurrir lo mismo. Sin embargo, es más fácil encontrarla en la localidad. Puede ser que en época de faenas agrícolas se produzca escasez temporal de este tipo de mano de obra y hay que informarse en que épocas del año sucede para estar prevenido.

Dato importante: nivel de salarios en la localidad.

-El clima de la comarca puede influir decisivamente en el desarrollo de la obra. La época de lluvias habitual, la distribución de las temperaturas, etc. nos determinará la época más conveniente para desarrollar cada trabajo. Evidentemente no podemos empezar el movimiento de tierras con lluvias, ni colar concreto con temperaturas bajas.

-La distancia a centros proveedores es un dato importante para la organización de los transportes de materiales a la obra. Puede ser interesante estudiar la posibilidad de establecer almacenes reguladores en una estación de ferrocarril próxima.

## Desarrollo del Plan de Obra.

### Desarrollo (PO) en Planta:

Teniendo ya un conocimiento del proyecto y de las particularidades del medio ambiente donde se va a desarrollar, se podrá establecer el PO en planta.

El PO en planta debe descomponerse en dos PO parciales:

- a) El PO en planta, que llamaremos próximo (POP), en el cual estableceremos la organización en planta en la obra propiamente dicha.
- b) El PO en planta, que llamaremos lejano (POL), en el cual estableceremos la organización en planta en la región natural en que se realiza la obra.

Por POP, utilizando los datos obtenidos del Proyecto y realizando un cuidadoso estudio de todas las posibilidades, determinamos los datos que se mencionaron en el capítulo II referente a tipo y cantidad de maquinaria, así como también ubicación de almacenes, ubicación y tamaño de las tomas de energía, número de obreros y categorías de los mismos, accesos más convenientes, señalización de éstos, aprovisionamiento de agua, etc.

Para establecer el POL, se utiliza un plano de la región (material que se puede obtener por medio del INEGI), a escala conveniente.

Fijaremos en éste los puntos de aprovisionamiento de materiales, los caminos utilizables desde éstos a la obra, anotando el estado y tipo de las vías de comunicación, la posible necesidad de realizar obras en las mismas, como refuerzo de puentes, etc. los lugares donde es posible obtener mano de obra, distancia de las estaciones de ferrocarril a la obra y posibilidad de establecer almacenes reguladores en las mismas.

Es muy importante conocer el domicilio de los funcionarios de la administración del estado y local de los que debemos obtener autorizaciones, permisos y licencias (Obras públicas, industrias, representantes sindicales, municipales). Asimismo, debemos conocer el domicilio de las oficinas de las empresas suministradoras de energía eléctrica y agua, ubicación de los suministradores de carburantes y lubricantes y talleres de reparación de maquinaria.

Por último, nos informaremos de las sucursales bancarias existentes en la región y escogeremos el más apropiado para operar con ellas.

En ocasiones resulta conveniente contratar los servicios de

algún residente en la región con conocimientos y don de gente, para realizar las gestiones necesarias, o acompañar e introducir al personal de la empresa ante los funcionarios correspondientes. Este pequeño gasto puede evitar muchos entorpecimientos en el desarrollo de la obra.

#### Determinación de las Cantidades de Materiales y Ritmos de Compras:

Partiendo de la medida de cada unidad, consignada en el presupuesto y mediciones, y teniendo en cuenta la descomposición del precio que figura en los precios unitarios, es fácil obtener las cantidades de materiales necesarias para la realización de determinado concepto.

Por ejemplo, la construcción del anillo de cimentación del tanque.

Después de estudiar los resultados obtenidos del estudio de mecánica de suelos, obtenemos las dimensiones para el anillo de cimentación:

Sección promedio: 0.75 mts.  
Altura : 2.70 mts.

De los planos proporcionados obtenemos que el diámetro de la pared interna es de 84.7 mts. y el exterior de 86.1 mts. Con estos datos determinamos que el colado del cimiento requerirá 507 m<sup>3</sup> de concreto.

#### Características del concreto a emplearse:

f'c = 300 kg/cm<sup>2</sup>  
T.M.A. = 1 1/2 "  
Revenimiento = 8 - 10 cm.  
Se considera un 2% de desperdicio para el cemento, arena y grava.

La dosificación para 1 m<sup>3</sup> de este tipo de concreto requiere:

Material	Cantidad	Unidad	Desperdicio	Total
Cemento	0.526	ton.	0.011	0.537
Arena	0.521	m <sup>3</sup>	0.010	0.531
Grava	0.521	m <sup>3</sup>	0.010	0.531
Agua	0.221	m <sup>3</sup>	0.022	0.243

Por lo tanto los volúmenes totales para este concepto serán:

Cemento 273 ton.  
Arena 270 m<sup>3</sup>  
Grava 270 m<sup>3</sup>  
Agua 123 m<sup>3</sup>



Es evidente que, normalmente, no podemos almacenar en obra las cantidades totales de cada material, pues además de no disponer de espacio necesario, si se esta pasando por una etapa económicamente estable no resulta necesario, cosa que nos permite optimizar el uso de nuestro capital. Debido a esto tenemos que calcular las necesidades de suministro (ya sea diario, semanal, quincenal, etc.) y establecer una pequeña reserva de cada material para evitar que fallos en el suministro interfirieran en la marcha de la obra.

La realización de este concepto se ha planteado como sigue:

Se cuenta con 3 revolvedoras, cada una con una capacidad de 240 lts., se considera una capacidad útil de 180 lts. y cada una realiza 15 merclas/hora, la mercla se realizara durante 6 horas al día (se estan considerando tiempos muertos), con lo cual logremos una producción de 48.6 m<sup>3</sup>/jornada.

De esta manera podemos saber que el colado del anillo de cimentación se realizara en 11 jornadas. Del volumen producido de concreto por jornada, podemos calcular las necesidades de suministro diario requerido.

Para establecer el volumen de material de reserva se tendran que contemplar aspectos tales como: Distancia al banco de materiales, facilidad de acceso a la obra, localización de posibles distribuidores sustitutos, etc., todo esto con el fin de estimar el número de días que tardaria en llegar el material en caso de algun fallo en el suministro y de esta manera hacer más remota la posibilidad de interrumpir la obra por presentarse este problema.

En nuestro estudio determinamos que resultaba prudente establecer una reserva que permitiera trabajar 2 jornadas sin suministro. Si la ejecución del concepto empieza el día 7, debemos empezar a realizar acopios dos días antes, es decir, el día 5, si no hay entre el día 7 y el 5 uno feriado, en cuyo caso debemos empezar los acopios el día 4.

En la figura 4.2 se representa gráficamente el suministro y consumo de arena, (que en este caso resulta igual al de grava).

El suministro comienza el día 4 (viernes).

El gráfico muestra que al finalizar el día 5 (sabado), las existencias de arena en obra eran de 52.0 m<sup>3</sup>. Durante el día 6 (domingo) no hay suministro y las existencias continuaban siendo

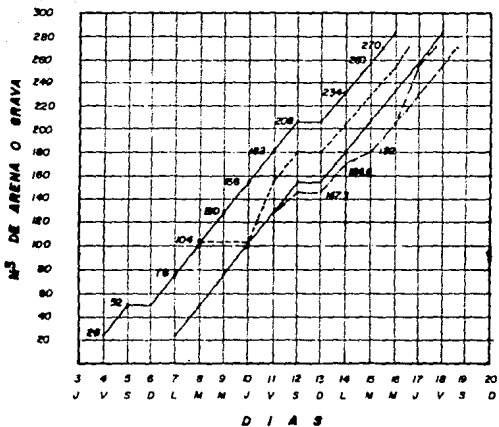


Fig. 4.2 Suministro y Consumo de Arena o Grava

de 52.0 m<sup>3</sup>. Prosigue el suministro hasta el día 12 en que la cantidad suministrada alcanza los 208 m<sup>3</sup>. El día 13, la curva de suministro es horizontal (es domingo y no hay suministro) y el día 15, con un suministro de 10 m<sup>3</sup>, se termina este.

El consumo de arena comienza el día 7, consumiéndose

diariamente 26 m<sup>3</sup>. La diferencia de ordenadas entre las curvas (que en este caso particular son rectas) de suministro y consumo es la existencia de arena en la obra.

La gráfica nos muestra que tal y como hemos previsto, la existencia de reserva es constante e igual a 2x26 m<sup>3</sup>, hasta el día 15, (recordando que este día suministran 10 m<sup>3</sup>, como complemento del total requerido), en que se termina el suministro. Este día, la existencia en obra es de 270-(2x26) = 218 m<sup>3</sup> como se indica en el gráfico. Durante el día 16 se consumen 26 m<sup>3</sup> y el colado termina el día 17 con un consumo de 10 m<sup>3</sup>.

Supongamos que en la ejecución de la obra, se producen los siguientes incidentes:

- a) Una interrupción de suministro el día 9 (por una inundación por ejemplo, que dura hasta el día 10. Durante esos dos días, agotamos las existencias. Para seguir con el colado tenemos que forzar el suministro (línea discontinua).
- b) El día 12 se avería una de las revolvedoras. La curva de consumo, (discontinua y punteada) disminuye su pendiente en una tercera parte de lo previsto. El día 16 se reanuda el funcionamiento de la revolvedora estropeada, recobrando la curva de consumo la pendiente primitiva, terminando el colado al medio día del día 18.

Podemos ver que la falta de suministro de material no nos provoca retraso alguno en el avance de la obra, sin embargo la falla de la revolvedora sí, (1 día), cosa que viene a afectar nuestro programa de obra. Debido a esto, con el fin de no modificar nuestro programa, es necesario que el día 16 se trabajen dos turnos recuperando así el día perdido. Esta operación la podemos realizar sin mayor problema debido al "colchon", que tenemos de material gracias al suministro anticipado.

#### Determinación de la Cantidad de Mano de Obra Necesaria:

Análogamente al estudio anterior podemos determinar la cantidad y calidad de mano de obra necesaria para realizar un concepto determinado.

Sea la mismo concepto de obra utilizado anteriormente. Podemos establecer las siguientes necesidades de personal.

En cada revolvedora, necesitamos tres obreros: 1 peón especialista, encargado del manejo de la revolvedora; 2 peones sueltos encargados del suministro de los materiales.

Para colocar el concreto (transporte, vaciado, vibrado), el personal necesario variará con el método empleado. Si el transporte se realiza en carretilla haremos las consideraciones siguientes:

Cada hora tendrá que colocar 2.700 litros de mezcla. Se

estiman necesarias (para una distancia media de 15 mts.), 6 horas de peon por cada m3. es decir un peon puede colocar en 1 hora:

$$1.6 = 0.16 \text{ m3 de concreto}$$

necesitamos, por lo tanto:

$$2.7 / 0.16 = 51 \text{ peones.}$$

Considerando que el vibrado se realiza con vibrador, requeriremos 1 peon especialista mas para realizar el trabajo. Tendremos entonces en total: 2 peones especialistas y 19 ordinarios por cada revolvedora durante las 11 jornadas que dura el colado; en total 5 peones especialista y 57 peones ordinarios por jornada.

Una vez determinado el numero de personas que se requieren para la realizaci3n de este trabajo, obtenemos el gasto que nos implica el tener a toda esta gente y mediante un pequeño estudio económico de otras alternativas posibles (por ejemplo gruas), determinaremos cual resulta óptima para la compa1a.

#### Subcontratistas.

Como vimos, durante el estudio del Proyecto se realizan los primeros contactos con los subcontratistas. Una vez elegidos los más convenientes (a veces, esta elecci3n no puede hacerse unilateralmente por la empresa, necesitando el visto bueno de la direcci3n facultativa) es necesario fijar la fecha de entrada de los mismos a la obra.

La construcci3n del tanque requiere de varios trabajos especializados (que en resumidas cuentas es lo que hacen los subcontratistas), por ejemplo (y solo por mencionar algunos):

- 1.- Manufactura de placas para fondo y envolvente.
- 2.- Tubo-sello.
- 3.- Manufactura de láminas para pont3n y techo.

Resulta lógico pensar que la actuaci3n del subcontratista empieza antes de su entrada en obra, realizando trabajos preliminares en sus talleres y oficinas (preparaci3n de planos de obra para su aprobaci3n previa, trabajos de taller). Antes de entrar realmente en la obra es decir, antes de empezar a trabajar, el subcontratista realiza un contacto previo con la obra, al empezar a acopiar materiales propios de la subcontrata en la obra. Por tanto hay que prever en la obra el establecimiento de almacenes para acopio de materiales de los subcontratistas. Además, será necesario dedicar espacio para establecer talleres de montaje e incluso oficinas de los subcontratistas. La entrada de material del subcontratista en la obra puede crear problemas de control de los mismos. Por tanto los almacenes, deber tener acceso independiente y la empresa advertir al Subcontratista que no admite responsabilidad, por falta de control.

Existe la posibilidad de convenir en certificar apropiada, esto implica la accesibilidad, a los almacenes del subcontratista, de los encargados de comprobar las certificaciones y entonces la empresa contratante es responsable de los materiales, una vez certificados, y, por tanto, debe tener control sobre los mismos.

La fijación del momento de entrada del subcontratista en la obra depende, como es natural, del trabajo que realiza este y por tanto, de su relación con el resto de la obra. Por ejemplo, el subcontratista encargado de la manufactura e instalación del tubo-sello, empezara su colocación hasta que, el fondo, la envolvente y el techo flotante del tanque estén completamente montados y soldados. El techo, como se menciona en su oportunidad, apoyado en el fondo con sus soportes definitivos y concéntricos de la envolvente del tanque.

Es pues, muy importante el cumplimiento de los plazos por los subcontratistas, para que la obra pueda realizarse sin interrupciones.

La fijación de plazos a los subcontratistas se realizará mediante el programa de avance (que mencionaremos más adelante), mediante el cual, se relaciona su trabajo con el resto de la obra.

Los subcontratistas necesitan, para la realización de su contrato, trabajos auxiliares (por ejemplo albañilería), así como consumo de materiales "menores" y energía. Para la realización de éstos, es necesario que en el contrato se especifique si la empresa contratante auxiliará y/o suministrará a la subcontratista, ya que en ocasiones esto resulta más económico que si esta última lo suministra por su cuenta.

#### Instalación de Obra: Oficinas, Almacenes.

Por pequeña que sea la obra, siempre es necesario establecer locales para alojar los servicios de ésta.

En una obra de tamaño medio, como resulta el tanque, se puede establecer un local único, si éste se desarrolla en planta convenientemente. En este desarrollo en planta, es conveniente establecer las zonas siguientes, que deben ser independientes entre sí, incluso en sus accesos:

- Zona de encargados y espataces.
- Zona de personal administrativo.
- Zona personal técnico.
- Despacho jefe de obra
- Despacho para la dirección facultativa o sus representantes en obra.

Las oficinas se proveerán con todos los servicios necesarios, que deben ser sencillos, pero suficientes. Es conveniente dotar las oficinas con aire acondicionado, pues representa un pequeño gasto que se compensa con el aumento de productividad de los empleados. Para la construcción del local, lo más recomendable es utilizar algunas de las construcciones desmontables existentes a la venta en el mercado.

Ciertas obras, dado su tamaño y alejamiento de centros urbanos, puede obligar a la empresa a establecer alojamiento y comedores para los obreros.

El tamaño de estas instalaciones depende, naturalmente, del número de obreros. Conviene proyectarlos para un 75-80% del número de obreros máximo que se prevea, en lugar de realizar su construcción por etapas, pues estas instalaciones no serán utilizadas por la totalidad de los obreros.

Es necesario, además de las instalaciones de obras anteriores, construir almacenes para ciertos materiales. Aunque muchos materiales se almacenan al aire libre (agregados, acero, placas), existen otros, tales como los distintos aglomerantes (yeso, cal, cemento) para los que es indispensable un almacenamiento que los proteja de la humedad y de la acción directa de los rayos del sol. Además de, como mencionamos con anterioridad, asegurar la continuidad del trabajo. Es conveniente muchas veces instalar almacenes reguladores, incluso fuera de la obra, encargados de suministrar a los almacenes de obra, que de esta manera pueden ser más pequeños al poder quedar libres de los efectos de las fluctuaciones de los suministros.

Además de las superficies necesarias de almacenaje, deben tenerse en cuenta las superficies necesarias para la realización de accesos para la circulación alrededor de los almacenes, estudiando los movimientos de camiones y las maniobras necesarias para realizar la carga y descarga.

#### Maquinaria:

El POP nos determina el número y tipo de maquinaria de obra necesaria para realizarlo. Para establecer el POP, habremos necesitado las características técnicas de la distinta maquinaria (consumos, capacidades, rendimiento, etc.). Ahora bien, en el estudio del POP podemos elegir una maquinaria cualquiera (por ejem. una revolvedora) de dos maneras:

- 1) La empresa posee ya la máquina y se considera que sus características nos permiten su inclusión en el POP.
- 2) La realización del POP obliga a la utilización de una máquina que no figura entre las que posee disponible la empresa.

En el caso 1) la empresa ha invertido un cierto capital en la máquina, que debe amortizar. Esta operación no consiste en devolver el capital empleado, como muchas veces se cree, sino en tomar las disposiciones necesarias para que la empresa pueda reponer la máquina que se amortiza.

En el caso 2), la empresa puede adoptar dos decisiones, comprar la máquina o alquilarla.

La elección de una de estas dos decisiones depende de varios factores: por ejemplo, si se opta por la compra, habrá que pensar si la máquina va a poder amortizarse en un plazo prudente, si se puede vender al término de la obra a un precio conveniente, si el estado de la tesorería permite la inmovilización de un capital

cuyo empleo en otra parte permite obtener un beneficio mayor, etc.

Si se opta por el alquiler, basta dirigirse a alguna o varias de las empresas que se dedican al mismo y obtener las mejores condiciones posibles de alquiler. función específica del departamento de compras de la empresa.

La empresa debe evitar que los periodos de utilización de la maquinaria, (propia o alquilada) sufran interrupciones grandes, pues estas alargan la amortización de la maquinaria propia y encarecen el costo de la alquilada. En la consecución de este objetivo pueden y deben colaborar eficazmente los jefes de obra, no reteniendo la maquinaria más allá del tiempo indispensable y estudiando cuidadosamente las fechas de entrada y salida de la obra para que no se produzcan tiempos muertos de utilización.

#### Acometidas Energía Eléctrica y Agua.

Es indispensable establecer en el POP las necesidades de energía eléctrica y agua y prever las redes provisionales de distribución y los puntos de acometida, si existen. En caso contrario, prever la obtención mediante grupos electrógenos y perforar pozos o canalizar agua. Se debe procurar la utilización de la energía eléctrica, pues los motores eléctricos tienen un gasto por uso inferior a los de gasolina.

A veces, la acometida hay que hacerla a una línea de alta tensión y, una vez conocida la potencia necesaria, instalar un transformador adecuado. La instalación puede ser muy sencilla como cuando se pueda utilizar un transformador de poste, o necesitar la construcción de una caseta de transformación (como en nuestro caso, debido a nuestros requerimientos de energía eléctrica), que cumpla con las especificaciones del reglamento de instalaciones de la C.F.E.

Hay que prever, además, las necesidades de alumbrado nocturno, estableciendo puntos de luz que faciliten la labor de inspección nocturna. También a veces, es necesario iluminar los carteles-anuncios de obra.

Se establecerán los puntos donde puedan enchufarse las motores (basicamente maquinas soldadoras en nuestro caso) colocando postes adecuados y estudiando los circuitos más convenientes.

Respecto a la red de agua, hay que, para evitar la construcción de una red de secciones excesivas, establecer depósitos o albercas donde almacenar agua, naturalmente esto para obras como la aquí mencionada, pues dentro de una zona urbana, se suele disponer del caudal necesario. Si se presenta la necesidad de perforar pozos para la obtención del agua sera indispensable realizar análisis del agua para tener la seguridad de la posibilidad de su utilización (hay que evitar el uso de aguas duras o contaminadas).

## Programa de Avance.

Mediante el programa de avance de la obra, se establece la fecha de inicio y de terminación de cada concepto de esta. Para la presentación de este se suele adoptar la representación gráfica, un diagrama de barras (algunas veces llamado "diagrama de Gantt", debido a que fue el quien a principios de siglo lo desarrolló), que no es más que una serie de barras que muestra el tiempo de inicio y la fecha de terminación anticipados de los conceptos de trabajo que componen un proyecto, además nos permiten visualizar los conceptos que se realizan simultáneamente.

En muchos concursos de obra es obligatoria la presentación del mismo con la oferta, e incluso, surgen penalizaciones no sólo por el incumplimiento del plazo total de la obra, sino también por el incumplimiento de los plazos parciales fijados en este.

La figura 4.3 representa un programa de avance (condensado) de la construcción del tanque de almacenamiento.

Se adopta una disposición de renglones y columnas. Generalmente, la primera columna está destinada al número de orden de cada unidad de obra. Este número de orden debe ser el del presupuesto o catálogo y está formado por un primer número, que indica el concepto del presupuesto a que pertenece la unidad y por un grupo de números, que siguen a una coma, que indican el orden dentro de cada concepto.

La segunda columna se dedica a la especificación de cada concepto, de acuerdo con el presupuesto.

La tercera columna está dedicada a la unidad que en cada concepto se maneja, la cuarta nos dira la cantidad por ejecutarse por concepto o unidad de este.

Después de la cuarta columna, aparecen las destinadas a días, semanas o meses, dependiendo lo detallado del programa.

Como normalmente no se conoce la fecha exacta de comienzo de trabajo, que nos indicaría los días festivos distintos de domingos que tendríamos durante la ejecución de la obra, para establecer el programa tendremos que contar con éstos. Una buena estimación es contar con sólo 25 días laborables por mes. La parte superior de las columnas dedicadas a los días, pueden dividirse en dos, en la parte inferior se coloca el número de orden del día (días hábiles), a contar del comienzo de la obra y en la superior la fecha del día correspondiente que se determina una vez conocida la fecha de comienzo de trabajo. De esta manera, estimamos la duración de la ejecución de cada unidad en días hábiles y una vez conocida la fecha de comienzo, colocaremos las fechas correspondientes de cada día hábil en el renglon superior. En este renglon, al contrario que en el inferior, la sucesión de fechas tendrá faltas, las correspondientes precisamente a los días festivos y domingos.

La última columna se dedica a OBSERVACIONES.

La distribución de renglones es la siguientes: Se establece uno por cada unidad de obra. Dentro de las columnas correspondientes a los días, se establecen dos renglones separados: el inferior para representar el periodo de ejecución real. De esta manera, podemos conocer inmediatamente cómo se encuentra la obra respecto a plazos de ejecución y así poder tomar las medidas oportunas.





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

### EVALUACION DE UN PLAN DE OBRA

Importancia. Prevision. Importe. Inversiones:

La ejecución de una obra obliga a la empresa a la inversión de un capital, distribuido a lo largo de un determinado intervalo de tiempo. Este intervalo no coincide con el plazo de ejecución, sino que se inicia antes de la fecha de comienzo (estudio de la obra, oferta, trabajos preliminares, etc.) y termina después de la fecha de terminación de la obra, pudiendo prolongarse hasta la fecha de la recepción definitiva. La inversión de capital realizada por la empresa, es recuperado por ésta mediante la liquidación de las estimaciones de obra. Pero como estas se realizan sobre obra ejecutada y además su confección y liquidación ocupan un determinado tiempo, existe un desfase entre la ejecución de las unidades de obra y su cobro por la empresa. En otras palabras: la empresa realiza unos determinados gastos (rayas, materiales, amortización y alquiler de maquinaria, gastos de dirección, gastos fiscales, gastos generales, etc.), de los que se resarce después de un tiempo determinado. Durante este tiempo, tiene un capital invertido, que no puede utilizar en sus fines propios y que resta de sus disponibilidades de capital.

Se pueden dar entonces dos casos:

- 1.- El capital disponible de la empresa es suficientemente grande para que aun teniendo en cuenta el capital inmovilizado en la obra realizada y no cobrada, les reste capital para desenvolverse cómodamente. Entonces, hay que pensar que el tamaño de la empresa es excesivo para la obra que realiza, y que el capital de la empresa no está correctamente invertido, pues permanece inactivo en parte. Además, los gastos fiscales son, en parte, función del capital de la empresa y al ser éste mayor del necesario, se producen gastos fiscales excesivos.
- 2.- El capital disponible de la empresa es muy pequeño, en relación con las inversiones que tiene que realizar, dependiendo para su desenvolvimiento, casi exclusivamente, del crédito: Esta situación es muy peligrosa, pues cualquier contracción en el crédito puede producir la paralización de la empresa.

Entre estos dos casos extremos, se encuentra la posición correcta. El capital de la empresa es el suficiente para que, con ayuda del crédito disponible, realice las inversiones necesarias, manteniendo todo su capital en actividad.

Ahora bien, para obtener el crédito necesario es indispensable conocer, al menos aproximadamente, su cuantía y su distribución temporal, aparte, naturalmente, de inspirar la confianza suficiente a la entidad que concede el crédito.

Para determinar la cuantía del crédito necesario y su distribución temporal es cómodo utilizar un método gráfico, con el que se obtiene suficiente exactitud.

Para concretar, consideremos que un costo aproximado del tanque es \$ 8,000'000,000.\* así como un plazo de ejecución de 12 meses. En la figura 5.1 se muestra el gráfico de obra total realizada que se ha estimado de acuerdo con el programa de avance mostrado en la figura 4.3.

\* Costo calculado en base a una estimación para un tanque de las mismas características hacia 1980, último año en que estos se adquirieron.

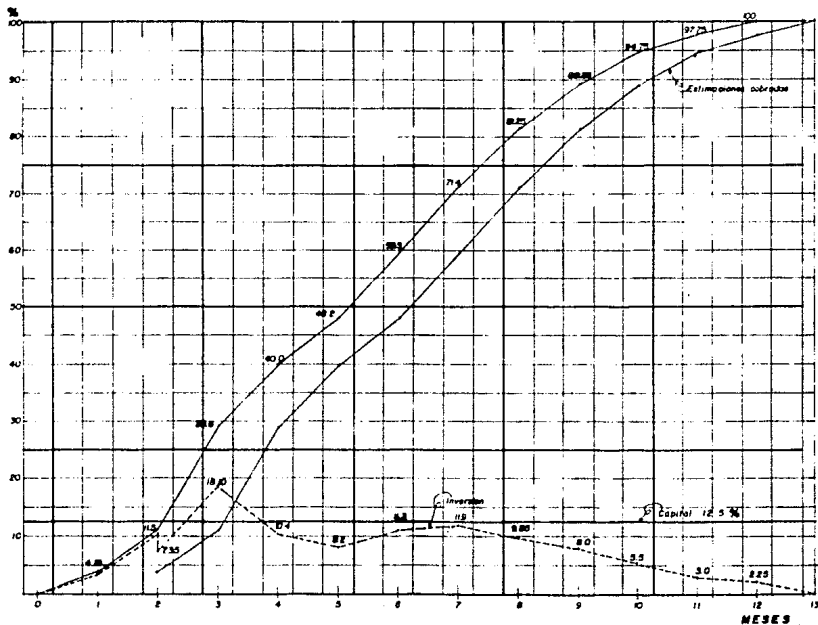


Fig. 5.1. Obra Total Realizada

Ritmo de Obra.-

(Con el fin de no manejar grandes cantidades, debido al monto de la obra, se optó por el uso de porcentajes del total estimado antes mencionado).

Mes	Obra ejecutada en el mes	Obra total realizada
1	4.15	4.15
2	7.35	11.50
3	18.10	29.60
4	10.40	40.00
5	8.20	48.20
6	11.30	59.50
7	11.90	71.40
8	9.85	81.25
9	8.00	89.25
10	5.50	94.75
11	3.00	97.75
12	2.25	100.00

Se considera que se cobran las estimaciones de obra con un mes de "retraso", esto es, lo hecho en el primer mes se cobrará al final del segundo. Por tanto, el gráfico de cobro de obra realizada se obtiene del gráfico de obra total realizada, desplazándolo hacia la derecha un mes (fig. 5.1).

El gráfico del capital inmovilizado o inversiones, se obtiene ahora restando de las ordenadas de obra total realizada, los del gráfico de estimaciones cobradas. Se ve que el gráfico de inversiones coincide con el de obra total realizada hasta los dos meses de obra, en que sufre un descenso brusco (cobro de la primer estimación), para luego mantenerse en aumento llegando a un máximo entre los 2.5 y 3.5 meses de obra y decreciendo un poco hasta el sexto mes que vuelve a incrementarse pero en menor medida hasta el séptimo, a partir del cual decrece rápidamente hasta anularse a los trece meses de haberse iniciado la obra.

Las ordenadas del gráfico de inversiones son las siguientes, obtenidas directamente del gráfico:

Mes	Inversion
1	4.15
2	11.50
3	18.10
4	10.40
5	8.20
6	11.30
7	11.90
8	9.85
9	8.00
10	5.50
11	3.00
12	2.25
13	----

Se pueden también obtener los valores anteriores interpolando linealmente entre cada mes, pero en realidad, no se obtiene más aproximación que con el método gráfico, pues los errores que se cometen en éste son menores que los cometidos en la estimación de la obra realizada. Por consiguiente; la mayor exactitud obtenida interpolando es ilusoria.

Se ve en el gráfico que la obra puede realizarse con una inversión máxima de 18.1% del total, que se presenta en el 3er. mes.

Supongamos que la empresa dispone de un capital, para invertir en la obra, del 12.5% del total. El gráfico nos indica que necesitará utilizar el crédito a partir del mes 2.5 hasta el mes 3.75 por las cantidades que se deducen del gráfico:

Mes	Credito
2.5	0.5
3.0	5.6
3.75	2.0

De esta manera, la empresa puede preparar su tesorería y solicitar los créditos necesarios en el momento oportuno y en la cuantía necesaria.

#### Prevision Inversion Materiales:

Para que el jefe de Obra pueda ordenar la compra de materiales necesarios, necesita conocer las cantidades de los mismos, así como sus clases y calidades.

La determinación de las cantidades necesarias de cada uno de los materiales, así como su distribución temporal, ha sido expuesta anteriormente. Por consiguiente, para obtener la inversión de capital necesario, basta aplicar el precio correspondiente y tendremos así el importe total de adquisición del material y su distribución temporal. Sin embargo, en la práctica la cosa no suele ser tan sencilla. Será frecuente tener que abastecerse del mismo material en fuentes de suministro distintas (por ejemplo, el cemento para el anillo de cimentación de dos distribuidoras diferentes), con distintos precios de origen y distintos gastos de transporte.

Entonces se tendrá que obtener el precio promedio para luego poder valorar fácilmente el importe del material.

Un procedimiento cómodo para estudiar la inversión (cuantía y distribución temporal) en materiales, es utilizar el programa de avance (diagrama de barras o "Gantt"). Por este conocemos la distribución temporal y el volumen de las unidades de obra que se realiza en un instante determinado.

Conviene tener en cuenta que el programa de avance está íntimamente ligado con el PO adoptado y que, por consiguiente, las inversiones en materiales (volumen y distribución temporal) dependen también como es natural, del PO elegido.

En la práctica, se pueden presentar dos casos extremos:

- 1.- El mercado de determinado material está bien abastecido y basta pasar las órdenes de compra con un par de días de anticipación, para disponer del material en obra. Este debe ser el caso en un momento económico normal y permite a la empresa constructora calcular sus costos y establecer plazos de ejecución, con muchas probabilidades de acierto.
- 2.- Escasea el material necesario, por cualquier motivo: escasez real, maniobras especulativas, etc. Entonces, para evitar paros en la obra por falta de material, suponiendo que nuestras reservas calculadas en el capítulo IV se hayan agotado, será necesario adoptar medidas poco económicas: pagar precios superiores a los vigentes, comprar a determinada fábrica toda su producción en un período determinado de tiempo, que cubra las necesidades totales de material, teniendo que prever almacenamientos de gran volumen. Se puede también recurrir a fuentes de abastecimiento, que dado su alejamiento del centro consumidor, serían penalizados

normalmente, en esta utilización es factor decisivo los gastos de transporte.

En este caso, será necesaria toda la energía y habilidad del Jefe de Obra y de la sección de compras para evitar paros en la obra y cumplir los plazos de ejecución. Las variaciones en los costos calculados pueden ser de carácter catastrófico, si estas variaciones no han sido previstas o no se puede solicitar revisión de precios (escalatorias).

Normalmente, nos veremos entre los dos casos extremos anteriormente expuestos y la misión del Jefe de Obras y de la sección de compras será maniobrar de tal forma que la inversión real en materiales no supere a la previsión realizada, para que este factor del costo no sufra alteraciones que repercutan en el costo final.

#### Prevision Inversion Mano de Obra:

Dentro del capítulo IV vimos como se determina la mano de obra necesaria para la ejecución de determinada unidad y como influye la organización y medios adoptados en la mano de obra necesaria.

La empresa debe adoptar una organización de la obra, que esté de acuerdo con la mano de obra disponible en el lugar de ejecución y con los medios de que disponga. Una vez elegida la organización, y conocida la mano de obra necesaria, es fácil determinar la inversión en pagos a la mano de obra (jornadas).

Sin embargo, a veces, no es este el caso. Puede ocurrir que la obra sea de tal volumen, que al existir una fuerte oferta de puestos de trabajo por la empresa, se produzca una elevación de precio de la mano de obra, alterando de este modo los costos calculados. Se puede llegar (en obras de gran volumen, o realizadas en lugares con mano de obra escasa) a necesitar reclutar personal en lugares alejados del punto de ejecución, teniendo que realizar gastos en reclutamiento, transporte, etc. Por consiguiente, para no alterar, en lo posible, el precio de la mano de obra, es indispensable distribuir la oferta en el tiempo y volumen conveniente.

Al prever la cantidad de mano de obra necesaria, hay que tener en cuenta no sólo el personal que interviene directamente en la ejecución, sino también al requerido para trabajos auxiliares, tales como los peones de descarga de materiales, el personal encargado de la conservación de motores, maquinaria, etc. como es natural, a encargados, listeros, guardias, cocineros, almacenistas, etc.

El programa de avance de obra nos facilita el personal necesario en un momento determinado, cuando el necesario para la realización de las unidades de ejecución en el momento fijado, y añadiendo el personal auxiliar, si en el programa de avance no se ha previsto los trabajos preparatorios de obras, tales como construcción de casetas, valladas, preparar terrenos, construcción de acometidas, etc.



## Previsión, Inversión, Maquinaria y Medios Auxiliares:

El POP nos fijará la maquinaria y medios auxiliares necesarios. Vimos, también en el capítulo IV, el procedimiento que debe seguirse en la elección de la maquinaria necesaria. Si se utiliza maquinaria propiedad de la empresa, las inversiones necesarias se limitarán a las necesidades para la adquisición de lubricantes, carburantes o energía eléctrica, pequeñas reparaciones, jornales del personal que las maneja y amortizaciones. Debe tenerse en cuenta también los gastos de transporte desde el parque de maquinaria a la obra y regreso y, en su caso, los gastos del montaje y desmontaje, como el caso de grúas.

La evaluación de las amortizaciones necesarias es siempre indispensable realizarla. La conducta más sensata es considerar las amortizaciones como un gasto o inversión más, tan necesaria como otra cualquiera. El hecho de que no haya que realizar desembolsos reales, no debe inducir a la empresa a no tenerlas en cuenta. El sistema de contabilidad establecido en la empresa, fijará la manera de formar el fondo de amortización, el cual se utilizará por la empresa para reponer la maquinaria, una vez cumplida su vida útil.

Si la empresa recurre al alquiler de maquinaria, las inversiones previsibles dependen de las condiciones de alquiler. Lo más común es que las condiciones de alquiler incluyan al personal que las maneja, pero no los carburantes o la energía necesaria. Aún así, es conveniente prever gratificaciones para el personal que las maneja.

## Gastos (costos) Generales:

Se comprenden bajo este nombre todos los gastos realizados por la empresa, a los costos en la construcción los podemos dividir en dos grandes grupos:

1.- Costo Indirecto: Suma de gastos técnico-administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

a) De operación: Suma de los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son de aplicación a todas las obras efectuadas en un tiempo determinado. (Año fiscal, año calendario, ejercicio, etc.). Lo conforman:

- Cargos técnicos y/o administrativos.
- Alquileres y/o depreciaciones.
- Obligaciones y seguros.
- Materiales de consumo.
- Capacitación y promoción.

b) De Obra: Suma de todos los gastos que, por su naturaleza intrínseca, son aplicables a todos los conceptos de una obra en especial. Lo conforman:

- Cargos de campo: +Técnicos y/o administrativos.  
+Traslados de personal.  
+Comunicaciones y fletes.  
+Construcciones provisionales.  
+Consumos y varios.
- Imprevistos.
- Financiamiento.
- Utilidad.
- Fianzas.
- Impuestos reflejables.

2.- Costo Directo : Suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

a) Preliminares.- Suma de gastos de material, mano de obra y equipo necesario para la realización de un subproducto. Lo conforman (entre otros conceptos):

- Pastas.
- Concretos.
- Aceros de refuerzo.
- Címbros.
- Equipos.

b) Finales.- Suma de gastos de material, mano de obra, equipo y subproductos para la realización de un producto. Lo conforman:

- Preliminares.
- Cimentaciones.
- Instalaciones.
- Pisos.
- Acabados.
- Azoteas.
- Subcontratos.

Hay tendencia a pensar que cuanto menor son los Gastos Generales de una empresa, mejor es su funcionamiento. Esto no suele ser cierto, pues una empresa con gastos generales altos puede ser más rentable que otra con el mismo volumen de obra con gastos generales bajos.

La primera empresa tiene gastos generales altos, porque posee una organización de controles muy completa; por ejemplo, posee una contabilidad de costos minuciosa, que, naturalmente, le cuesta dinero y recarga sus costos por operación. Pero, sin embargo, este recargo en sus gastos generales le permite trabajar

con costos muy bajos, y obtener una elevada rentabilidad del capital invertido.

La segunda empresa, con gastos generales bajos, por poseer una organización deficiente, trabaja con costes altos, producidos por falta de controles apropiados y obtiene una rentabilidad del capital invertido inferior al de la primera. Claro que la solución ideal son gastos generales bajos y costos mínimos. Pero no pueden obtener éstos sin establecer los controles apropiados y éstos cuestan dinero.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

A lo largo de los cinco capítulos anteriores se ha desarrollado la manera en que se construye un Tanque de Techo Flotante, cabe mencionar que el orden que se presenta en el capítulo III, no es exactamente igual al que se sigue realmente en el montaje de un tanque. Esto, que pudiera originar alguna confusión entre las distintas etapas del montaje consignadas en este trabajo y el trabajo real de la erección de un tanque, máxime que algunas operaciones son ejecutadas simultáneamente, queda subsanado mediante el uso del diagrama que se presenta al final de este capítulo y donde se expone una secuencia del montaje, desde su inicio hasta la terminación y entrega del tanque, mostrándose además aquellas operaciones que se trabajan paralelamente. Es conveniente tener siempre a la mano, en la obra este diagrama y consultarlo cuantas veces sea necesario para seguir sus indicaciones y estar de acuerdo con los programas de erección de los tanques.

Hemos conocido el monto que una obra de este tipo representa. Como Director de una compañía constructora, es de vital importancia para esta, estar conciente de el volumen de obra que es capaz de realizar, en base a sus recursos disponibles. En la práctica a cada empresa constructora pueden presentarse dos casos:

- 1.- Dispone de los elementos necesarios para adoptar el PO más conveniente.
- 2.- Si quiere adoptar el PO más conveniente, tiene que realizar cambios en su estructura y adquirir medios auxiliares o alquilarlos; o bien, tiene que adoptar un PO que no es el que produce el costo mínimo por no poder adaptarse al PO óptimo, pero realizable con los medios que dispone.

En el primer caso, la única dificultad es la elección del plan más conveniente: plazo mínimo, costo mínimo, calidad óptima; condiciones que pueden ser incompatibles.

Para que una construcción resulte un buen negocio tanto para la compañía constructora como para el cliente, es necesario encontrar el equilibrio entre los tres elementos antes mencionados (fig. 6.1).

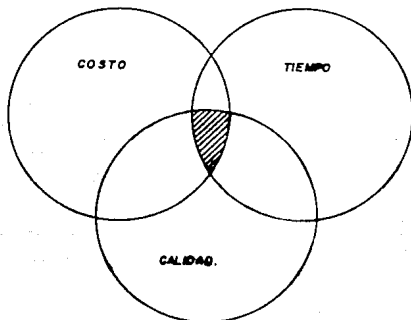


Fig. 6.1 Equilibrio entre Costo, Tiempo y Calidad

Si no se presenta equilibrio entre estos tres elementos (sin autorización del cliente), la compañía constructora tendrá graves problemas, debido al incumplimiento del contrato, o bien, si es el cliente quien falla al contrato, esto le resultará una fuerte pérdida de dinero por dejar incompleto un proyecto.

Puede verse, aun en estas condiciones, obligada a elegir un plan de obra que no sea el mejor para ella. Esta postura puede venir forzada por exigencias del cliente respecto al tiempo, por ejemplo.

A pesar de todo, la empresa en este caso dispone de cierta capacidad de maniobra, que puede ser muy amplia, y que le permite reaccionar adecuadamente frente a las circunstancias obteniendo beneficios aceptables.

En el segundo caso, si puede adaptarse al PO más conveniente realizando los cambios estructurales adecuados y adquiriendo o alquilando los medios auxiliares necesarios, la empresa se encuentra en condiciones análogas al primer caso; quizá mejores, pues hay la posibilidad de adaptarse al PO óptimo más fácilmente aunque en el primero. La empresa en esta alternativa del caso 2, se encuentra en excelentes condiciones para reaccionar ante los estímulos anteriores. Sólo cabe preguntarse si los cambios introducidos deben conservarse o si sólo deben permanecer mientras la obra dure. Además, establecer el plan de amortización de los elementos adquiridos para una sola obra, es una decisión muy rígida. Una política de amortizaciones debe ser más amplia, en general.

Vemos en este caso, como la empresa es obligada a transformarse por estímulos exteriores, si quiere conservar un funcionamiento correcto.

En la otra alternativa del caso 2, es decir, adopción de un PO no óptimo, pero realizable con su organización, las condiciones de trabajo de la empresa no son nada envidiables. La dirección de la empresa debe ponderar cuidadosamente todos los factores y considerar incluso la posibilidad de renunciar a la obra, aunque tenga que hacer efectiva la fianza. Si no renuncia a la ejecución, deberá prepararse para soportar sucesos desagradables como:

Imposibilidad de cumplir los plazos, con las consecuencias que esto acarrea: pérdida de prestigio, pago de elevadas multas progresivas, etc.

Costos imprevistos o más altos de los calculados, consecuencia de realizar trabajos sin los medios adecuados.

"Embotellamiento" en las oficinas de la empresa, sobrecargadas por un trabajo superior al que habitualmente recibirán y para el cual están organizadas.

Possibilidad, muy próxima, de dificultades financieras y de tesorería por no poder adoptar el capital disponible y el crédito de que dispone a las circunstancias nuevas.

En resumen, las consecuencias de acometer obras por encima de las posibilidades de la empresa, pueden ser gravísimas para su posterior desarrollo.

Para que una compañía resulte un buen negocio debe de haber productividad en el capital, esta productividad depende en buena parte, del plazo de ejecución de la obra, algunas veces determinado por el cliente, en cuyo caso, la empresa no tiene más que adaptarse a él. Cuando este plazo no se predetermina, resulta lógico pensar que un plazo corto nos producirá una mayor, claro, sin descuidar la calidad del trabajo.

Como ingenieros debemos lograr la "Optimización de la duración y el costo de Proyecto".

Toda obra presenta costo y duración límites así como costo y duración normales, situaciones que debemos evitar, pues de no ser así no estamos optimizando nuestros recursos (fig. 6.2).

A medida que el tiempo transcurre en una obra, los costos

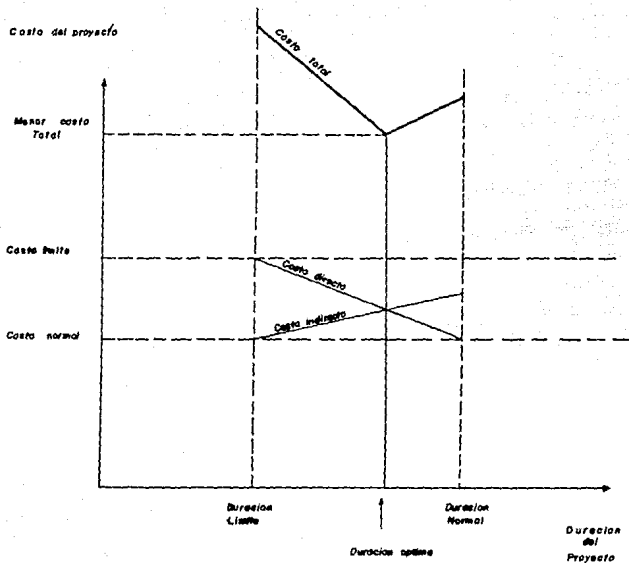


Fig. 6.2 "Optimización de la Duración y Costo del Proyecto"

Indirectos se incrementan así como los directos decrecen. La suma de ambos, en un tiempo determinado, nos dará el costo total de la obra en ese tiempo. Sin embargo, durante la "vida" de la obra existe un "tiempo" en el que las líneas de los costos (directos e indirectos) se cruzan, mismo en que el resultado de la suma de ambos es menor que en cualquier otro. Obtenidos entonces el menor costo total para la obra, esto es, determinamos la duración óptima del proyecto lo que proveerá también la óptima productividad de nuestro capital.

Debemos considerar ahora conductas paralelas apropiadas para obtener la máxima productividad de nuestro capital. En primer lugar, la más obvia es que el capital disponible debe estar siempre activo, es decir, "disponible" para obtener de un "activo" de la misma productividad. En otras palabras, la

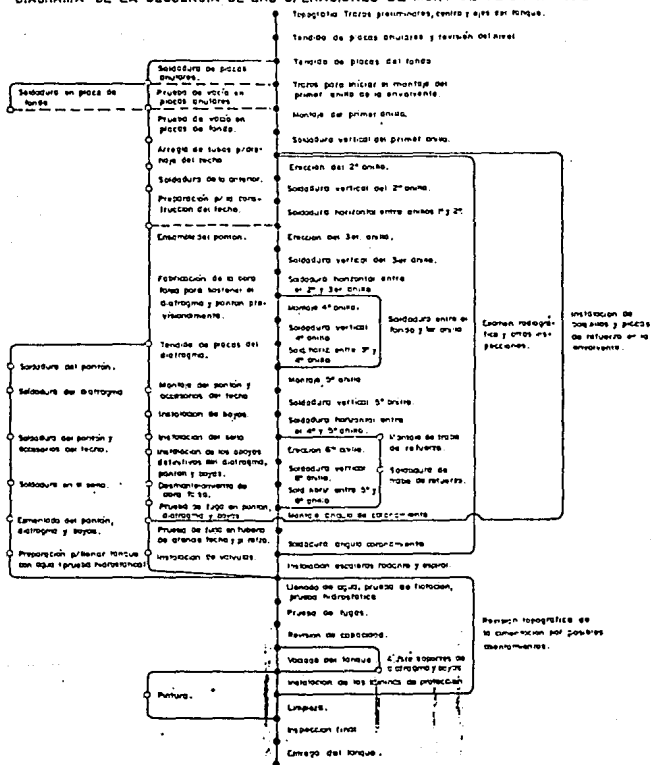
empresa debe funcionar siempre a la máxima capacidad.

Por funcionar siempre a la máxima capacidad, entendemos no sólo que utiliza su capital disponible, sino también que use, dentro de límites prudentes, de todo el crédito que puede obtener, se explico en el capítulo V una manera de obtener los montos de este.

En segundo lugar, insistiendo en el tamaño de la empresa o sea, en este caso su capital, debe estar de acuerdo con el volumen de obra que realiza. Si fijamos reservas de tesorería, o podemos obtener préstamos en las condiciones más favorables posibles, es fácil determinar el volumen de obra a realizar.



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



## BIBLIOGRAFIA

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE standard 650  
American Petroleum Institute  
1220 L Street, northwest  
Washington, D.C. 20005

Welded Steel Tanks for Oil Storage  
API Standard 650  
Revisión 1, February 1984

Especificaciones Generales para Proyecto de Obras  
Cimentación de Tanques  
Petróleos Mexicanos  
Primera Edición 1974

Anuario Estadístico 1986  
Petróleos Mexicanos

Normas de Construcción de Obras  
Diseño de Tanques Atmosféricos  
Petróleos Mexicanos  
Primera Edición 1979

Clasificación AWS de Metales de Aporte en Soldadura  
Petróleos Mexicanos  
Primera Edición 1978

Reglamento para la Revisión de Tanques de Almacenamiento  
Atmosférico Verticales  
Petróleos Mexicanos

Organización de Obra  
Gonzalo García Ruíz  
Ediciones CEAS sobre construcción y arquitectura  
Barcelona, España

Costos y Tiempo en Edificación  
Suárez Salazar  
Editorial LIMUSA  
México, D.F.

Métodos Planeamiento y Equipos de Construcción

R.L. Peurifoy

Editorial Diana

México, D.F.

Método Ruta Crítica en Edificación

Editorial ECSA

Manual del Ingeniero Civil

Frederick S. Merritt

Mc. Graw-Hill

México, D.F.

Control y Supervisión de Obras por Computadora

Ing. Armando Guerrero Soto

IMCYC

México, D.F.

## REFERENCIAS

- 1.1 Código API (American Petroleum Institute) Standar 650
- 2.1 Procesos Básicos de Manufactura  
H. C. Kazanas, Gleen E. Backer  
Mc. Graw-Hill
- 2.2 Normas ASTM (American Society ford Testing of Materials)
- 2.3 Especificaciones AWS (American Welding Society)
- 3.1.1 Manual de Mecánica de Suelos  
Secretaría de Recursos Hidráulicos  
México, D.F. (1970)
- 3.1.2 Soil Mechanics in Engineering Practice  
Terzaghi K. y Peck R.B.  
Wiley 1967  
New York
- 3.3.1 Especificaciones AWS (American Welding Society)