



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO CILINDRICOS VERTICALES  
DE 500,000 BLS. DE CAPACIDAD".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A N :  
L. GERMAN SANTILLAN VILLEGAS  
JUAN JOSE GUTIERREZ QUIJANO

Director de Tesis:

I. I. Q. EDUARDO SALAS CORDOVA



Cuautitlán Izcalli

1986



## **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.

## C O N T E N I D O

### PAGINA

INTRODUCCION	1
RESUMEN DE LOS CAPITULOS -----	3
CAPITULO I	
GENERALIDADES -----	5
1.1 BASES DE DISEÑO -----	5
1.2 CALCULO DEL DIQUE -----	19
CAPITULO II	
DISEÑO DEL TANQUE -----	21
2.1 REQUERIMIENTOS BASICOS DE DISEÑO -----	22
2.2 DISEÑO DEL FONDO -----	25
2.3 PRINCIPIOS BASICOS EN EL DISEÑO DE RECIPIENTES DE PRE SION DE PARED DELGADA -----	29
2.4 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO -----	46
2.5 ESFUERZOS PERMISIBLES -----	49
2.6 TOLERANCIA DE CORROSION -----	49
2.7 ESPESOR DE LA ENVOLVENTE -----	49
2.8 TIPOS DE ANILLOS ATIEZADORES -----	57
2.9 DISEÑO DE LA CUPULA -----	67
2.10 PRINCIPIOS BASICOS EN EL DISEÑO DE UNA CUPULA FLOTANTE-----	76
2.11 CALCULO DE FLOTABILIDAD DEL PONTON PROPUESTO -----	86

2.12 CALCULO DE FLOTABILIDAD DE LA CUPULA -----	92
2.13 CONEXIONES Y ACCESORIOS PARA TANQUE -----	97

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL TANQUE -----	107
3.1 TRANSPORTE, CARGA, DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE PLACAS-----	107
3.2 RECOMENDACIONES PREVIAS-----	114
3.3 ERECCION -----	115
3.4 REQUERIMIENTOS BASICOS DE DISEÑO Y MANUFACTURA-----	118
3.5 CIMENTACION -----	119
3.6 FONDO -----	124
3.7 ENVOLVENTE -----	130
3.8 LECTURA DE DEFORMACIONES -----	153
3.9 ARMADO Y SOLDADO DE LOS ANILLOS DE REFUERZO -----	154
3.10 COLOCACION DE PLACAS PARA BOQUILLAS CONTRA INCENDIO----	154
3.11 LIMPIEZA DEL CUERPO DEL TANQUE -----	155
3.12 TECHO FLOTANTE -----	156
3.13 INSTALACION DE ACCESORIOS -----	165
3.14 INSTALACION DE TUBOSELLO -----	166
3.15 ESPECIFICACIONES PARA PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA -----	171
3.16 TOLERANCIAS APLICABLES A TANQUES DE 500,000 BLS-----	174
3.17 PINTURA-----	176
3.18 PRUEBA HIDROSTATICA DEL TANQUE -----	177

3.19 COMPLEMENTARIOS -----	178
----------------------------	-----

## CAPITULO IV

PRINCIPALES PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA UTILIZACION DE TANQUES VERTICALES DE CUPULA FIJA -----	180
MANTENIMIENTO -----	180
4.1 PROBLEMAS EN TANQUES VERTICALES DE CUPULA FIJA -----	180
4.2 MANTENIMIENTO-----	187
4.3 FACTORES DE MANTENIMIENTO-----	187
4.4 COSTOS DEL MANTENIMIENTO -----	188
4.5 FUENTES Y FALLAS DE UN EQUIPO -----	189
4.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO -----	192
4.7 MANTENIMIENTO CORRECTIVO -----	196
4.8 ACTIVIDADES O TRABAJOS DE REPARACION DE UN TANQUE VER TICAL DE CUPULA FIJA CON CAPACIDAD DE 31,000 M <sup>3</sup> -----	199
ANEXO "A" (TIPOS DE ELECTRODOS Y SU USO ) - - - - -	206

## CAPITULO V

CONCLUSIONES -----	211
5.1 CONCLUSIONES DE LOS CALCULOS DE FLOTABILIDAD DE UNA CUPULA FLOTANTE -----	211
5.2 CONCLUSIONES DE COSTOS DE REPARACION -----	213
5.3 CONCLUSIONES GENERALES (INCLUYE DIAGRAMA SECUENCIAL)-	216
BIBLIOGRAFIA -----	219

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

Debido a la gran expansión que se está llevando a cabo en la industria petrolera nacional, es necesario almacenar grandes cantidades de petróleo crudo, para su procesamiento, por ésto es necesario la ampliación a los sistemas de almacenamiento en las refineries del país.

Debido a lo anterior, hemos encomendado el presente trabajo a mostrar un procedimiento para determinar las dimensiones, materiales, criterios de diseño y procedimiento de montaje de un tanque vertical cúpula flotante. Asimismo, hacemos una demostración de porque es mejor la utilización de tanques de cúpula flotante, en los sistemas de almacenamiento, a la utilización de tanques de cúpula fija. Esta demostración, se basa en los altos costos de mantenimiento, problemas de operación, seguridad del personal, etc. que ocasionan los tanques de cúpula fija.

Hacemos notar que para el desarrollo del presente trabajo, han intervenido tanto los conocimientos propios que como estudiantes hemos adquirido, normas y bibliografía de Petroleos Mexicanos, así como el cúmulo de experiencias de los técnicos y profesionistas que laboran en la Refinería " Miguel Hidalgo " de Tula, Hgo. Por ésto es que en algunos capitulos del presente tra

bajo, se hace referencia a la antes mencionada Refinería y al --  
código de diseño empleado que es el API 680.

## RESUMEN DE CAPITULOS

CAPITULO I.- En este capítulo se mencionan en forma generalizada los factores que influyen en el diseño de tanques como son: Datos del lugar donde se construirá, tales como, cargas a considerar, sismicidad, velocidad del viento, cimentaciones, análisis de suelos, etc.

CAPITULO II.- En este capítulo se muestra un procedimiento para determinar las dimensiones, materiales y criterios de diseño de un tanque vertical de cúpula flotante. Se hace la comparación de los espesores del cuerpo ( placas ) teóricos y los obtenidos en base al código empleado. Se hace mención de las consideraciones que se deben tener para el diseño más apropiado a nuestras necesidades, posteriormente se hace el cálculo de las demás partes del tanque.

CAPITULO III.- En este capítulo, se muestra la fase de construcción, desde el transporte y manejo de placas roladas, preparación de áreas, equipo de montaje ( fondo, envolvente y cúpula ) hasta las pruebas hidrostáticas del tanque.

CAPITULO IV.- En este capítulo, se hace notar lo obsoleto de -  
la utilización de tanques de cúpula fija, debido  
a su alto costo de mantenimiento, operación, se-  
guridad, etc. Así como también se explican las-  
justificaciones para utilizar cúpula flotante.

CAPITULO V.- En este, se hace un resumen de las conclusiones-  
de los capítulos desarrollados en este trabajo.

## CAPITULO I

## GENERALIDADES

Todo diseñador, debe pensar siempre en el lugar donde se construirá su tanque como primer paso para asegurar que su diseño se realice de acuerdo a las características de la región de construcción y para lograr ésto, se efectuan los siguientes estudios de campo:

- a) Acceso ( F. C., Camino, Canal, Aeropuerto, etc. ).
- b) Clima ( temperaturas )
- c) Vientos
- d) Sismología
- e) Suelos
- f) Energía Eléctrica
- g) Drenajes
- h) Agua
- j) Topografía

1.1 Las bases del diseño; en nuestro caso, se pueden sintetizar en el siguiente diagrama:

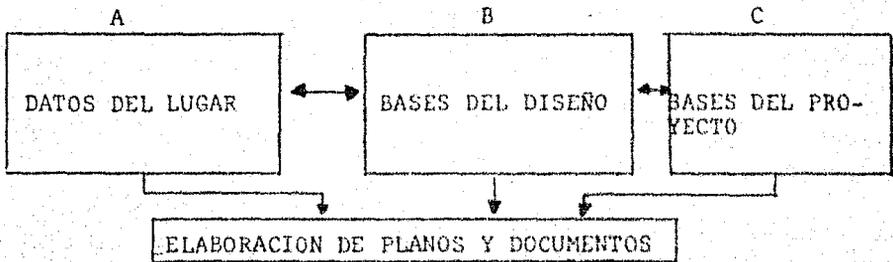


FIGURA No. 1

- A.- Se levanta plano topográfico, carta sísmica y de vientos, etc.
- B.- Se elaboran diagramas y planos de equipo, planos de localización.
- C.- Los datos de diseño, o bases propiamente se dictaminan para cada una de las secciones primeramente indicadas.

#### CARGAS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UN TANQUE

- 1.- Carga muerta
- 2.- Carga de operación
- 3.- Carga de prueba
- 4.- Carga de nieve

- 5.- Carga de viento
- 6.- Carga viva
- 7.- Carga por sismo
- 8.- Carga de impacto
- 9.- Carga de vibración
- 10.- Carga de temperatura
- 11.- Carga de erección
- 12.- Carga de mantenimiento
- 13.- Carga de explosión

De hecho para la construcción de un tanque pensaremos primeramente en la cimentación que deba tener, para evitar hundimientos y desplazamientos. Para esto nos referimos a las bases y requisitos que la cimentación debe reunir:

- REQUISITOS:
- a) Datos de campo
  - b) Bases de Diseño
  - c) Bases del proyecto

- Todo diseñador de cimentaciones y estructuras, ya sea de concreto, madera, etc., tendrá que apegarse a la palabra estabilidad cuyo significado será; que sus estructuras:

No se hundan

No se voleteen

No se destruyan

No se deslicen

- La información básica con que se deberá contar antes de que se proceda a realizar los cálculos de estructuras metálicas y de concreto de una instalación sera:

- 1.- Diagrama de flujo
- 2.- Diagramas mecánicos
- 3.- Bases de proyecto
- 4.- Planos en planta
- 5.- Planos en corte
- 6.- Planos en elevación
- 7.- Planos isométricos
- 8.- Planos de tubería
- 9.- Diagramas eléctricos
- 10.- Plano general
- 11.- Lista de equipos ( mecánicos, eléctricos, etc. )
- 12.- Planos de carga y dimensiones
- 13.- Preliminares de líneas enterradas y trincheras
- 14.- Plano de soportería elevada y puentes
- 15.- Desarrollo de la planificación
- 16.- Procedimiento de erección

En las figuras que a continuación se presentan, se muestra la zonificación sísmica, zonificación de las velocidades del viento y tablas que nos servirán como una base para el diseño de estructuras, edificios, recipientes y complejos industriales. (Fig. 2 y 3)

De la figura 2, tenemos las bases para usar la siguiente fórmula empírica

$$S = K Z C \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

S = Factor sísmico

K = Coeficiente de estructuración ( forma y material )

Z = Coeficiente por zona sísmica

C = Coeficiente de flexibilidad

$$( 0.04 \leq c \leq 0.10 )$$

Valores de " K "

Para recipientes horizontales, y cambiadores sobre machones	
Sobre nivel de terreno-----	1.33
Para recipientes horizontales y cambiadores en soporte T-	1.50
Para recipientes verticales o chimeneas a nivel del terreno -	
-----	2.00
Para esferas -----	3.00
Para calentadores horizontales tipo caja -----	1.00

Calentadores circulares verticales en columnas de acero --	1.33
Tori	
Torres de enfriamiento ( madera o concreto ) -----	1.50
Ventiladores de aspas a nivel de piso -----	1.00
Calderas -----	1
Ventiladores de aspas en soportes de tubo -----	1.33
Estructuras para turbo generadores y sopladores con junta de expansión entre turbina y condensador -----	1.50
Sin junta de expansión entre turbina y condensador -----	1.33
En tanques de almacenamiento a nivel de piso -----	1.00
En tramos rigidos de aceros con elementos amortiguantes ta les como paredes de lámina de asbesto cemento o tubos re- forzados entre niveles -----	0.67
Sin elementos de amortiguamiento -----	1.33
Entramado de acero con contraventeo vertical completo sin- elementos de amortiguamiento -----	1.5
Entramado de acero con contraventeo vertical completo con- elementos de amortiguamiento -----	1.0

Para estructuras elevadas, soportando grandes recipientes verticales tendremos un estudio especial y un valor de  $K = 2$  para secciones superiores e inferiores.

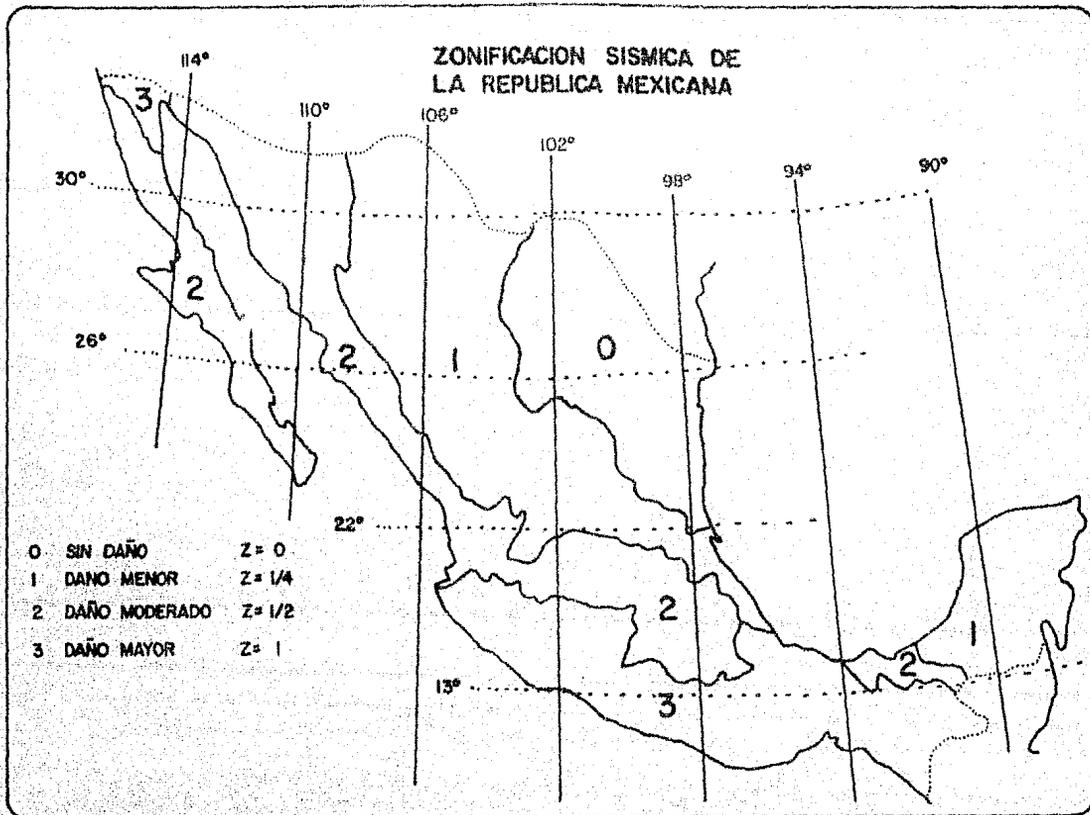


FIGURA No. 2

ZONIFICACION DE VELOCIDADES DEL VIENTO EN  
LA REPUBLICA MEXICANA

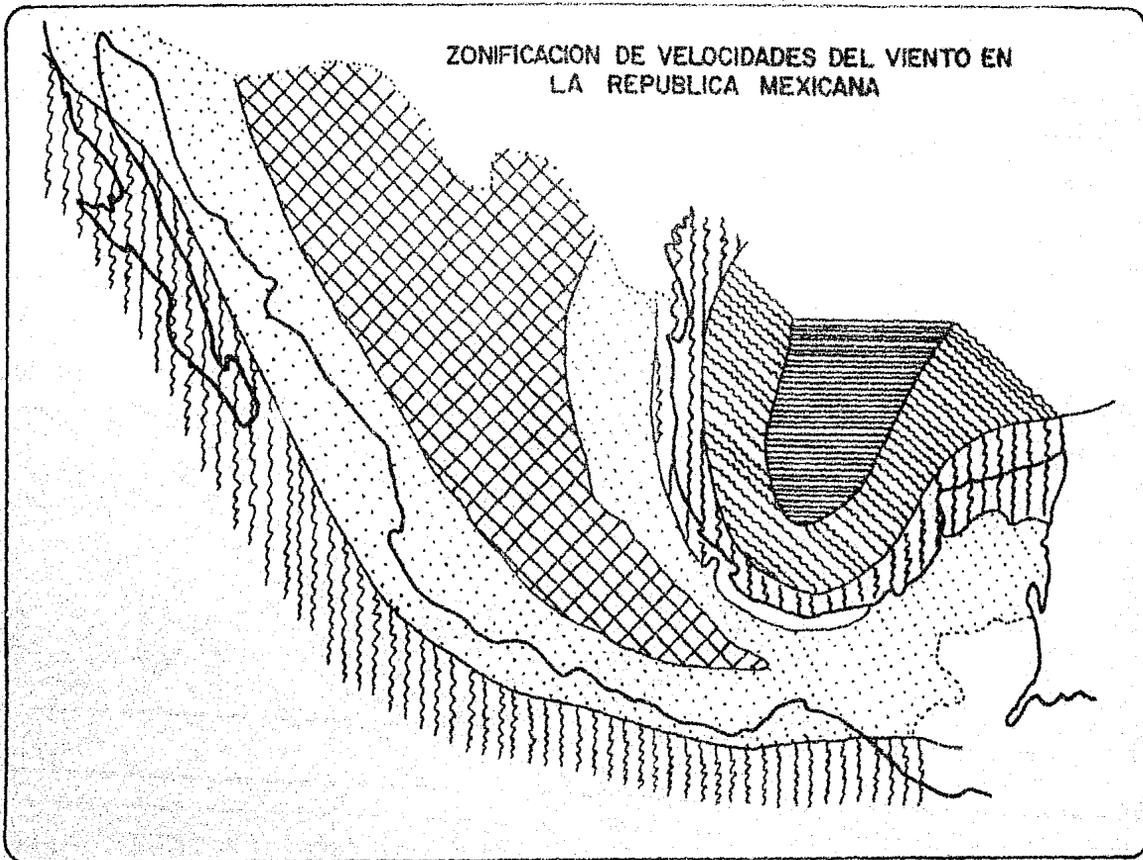


FIGURA 3

## INTERPRETACION DE LA FIGURA No. 3

Vel. del Viento  
 $V_0$  (Km/hr)



300 Km/hr



250 Km/hr  
 Zonas Costeras



200 Km/hr.  
 Zona Costera, franja de  
 40 Km de ancho en el Golfo de Mex.



170 Km/hr



150 Km/hr  
 (Mesa Central )

$$V = K_1 K_2 V_0$$

$$W = 0.00555 C_1 A V^2$$



100 Km/hr  
 (solo Valle de México )

$$W = \text{Empuje en Kg}$$

T A B L A 1

TOPOGRAFIA ZONAS	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
	PARA RAFA- GAS CORTAS ESTRUC. A	PARA RAFA- GAS CORTAS ESTRUC. B y C
CENTRO DE CIUDADES	0.7	1.20
ARBOLADAS INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES	0.8	1.20
CAMPO ABIERTO	1.0	1.20
LOMAS O PROMONTORIOS	1.2	1.20

## CIMENTACIONES

COEFICIENTE DE FORMA Y EMPUJE: C<sub>1</sub>

Superficie	Uso típico	C <sub>1</sub>
Cilíndrica	Recipiente de:	
	Proceso	0.84
	Tuberías	0.84
Esférica	Torres	0.84
Elíptica	Tanques	0.84
Plana	Estructuras	
	Cerradas	1.43
Acero o concreto	Estructuras Abiertas	0.88

TABLA 2 VALORES DE C<sub>1</sub>

Clasificación de las estructuras. Según su importancia.

GRUPO "A" - Hospitales, Plantas, Terminales, Muelles, Platafor--  
mas.

GRUPO "B" - Almacenes, Talleres, Laboratorios, Edificios Administrativos

GRUPO "C" - Diques, Mochetas, Soportes.

APLICACION DE LA FIG. 3 Y TABLAS 1 y 2

$C_1$  = Coeficiente de forma y empuje

$C_1 = 0.6 (c_a + c_b)$  para superficies cilíndricas:

$$c_a = 0.75$$

$$c_b = 0.68$$

Donde:

$c_a$  = componente de la fuerza del viento en barlovento

$c_b$  = componente de la fuerza del viento en jotavento

La fuerza ejercida por el viento en una zona ubicada en Hidalgo sobre un tanque cilíndrico de  $D = 85$  mts. y altura de 14 mts. - sería:

de la figura No. 3 Obtenemos una  $V_0$  de 150 Km/ hrs. utilizando la tabla No. 1:

$$V = K_1 K_2 V_0$$

$$V = 0.8 \times 1.20 \times 150 = 144 \text{ Km/h}$$

$$C_1 = 0.6 ( 0.75 + 0.68 ) = 0.858$$

$$W = 0.00555 ( 0.858 ) ( 14 \times 85 ) ( 144 )^2 = 117,503.88 \text{ Kg}$$

ó 117 Ton.

Pueden usarse también los valores de  $C_1$  de la Tabla No. 2

#### ANÁLISIS REPRESENTATIVO DE LOS SUELOS EN:

- a) Cambios de humedad
- b) Sacudimientos
- c) Vibraciones
- d) Impactos
- e) Fuerzas horizontales

En función de esto, se recomienda.

- Capacidades permisibles de presión sobre terreno

$$\nabla_{\text{Max}} = 40 \text{ ton/m}^2 \text{ ó } 4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ó en lb/m}^2$$

Para obtener la resistencia de trabajo del suelo, se utilizará la siguiente fórmula.

$$\nabla_a = \nabla_r \cdot C \text{ ----- cc.2}$$

Donde:

$\nabla_a$  = Resistencia de trabajo [ Ton/M<sup>2</sup> ]

$\nabla_r$  = Resistencia a la ruptura [ Ton/M<sup>2</sup> ]

C = Coeficiente de seguridad [ 1/2, 1/3, 1/4 ]

Generalizando la utilidad de la ecuación anterior tenemos la siguiente tabla:

DESCRIPCION DE AREAS		$\nabla_r$	$\nabla_a$
Plantas (Equipo principal)	$C = \frac{1}{3}$	80	40
Area de Tanques	$C = 1/3$	60	20
Edificios Administrativos	$C = 1/3$	90	27
Talleres y Almacenes	$C = 1/3$	80	27
Interiores de colonias	$C = \frac{1}{3}$	40	20
Terminales de Gas	$C = 1/3$	80	27
Servicios Auxiliares	$C = \frac{1}{3}$	80	40
Quemadores y zonas de tratamientos	$C = \frac{1}{3}$	60	15

TABLA No. 3

Esta tabla es un ejemplo para zonas en la refinería de Tula Hidalgo, en otras zonas  $\nabla_a$  depende de las pruebas de campo que determinarán a  $\nabla_r$ .

## 1.2 CALCULO DEL DIQUE

Definición: Dique es una barda alrededor del tanque que sirve como medida preventiva en caso de que haya derrames del producto, ya sea porque se reventara una tubería o el propio tanque. Este muro evitará que el producto se propague hacia otras áreas de pe ligro.

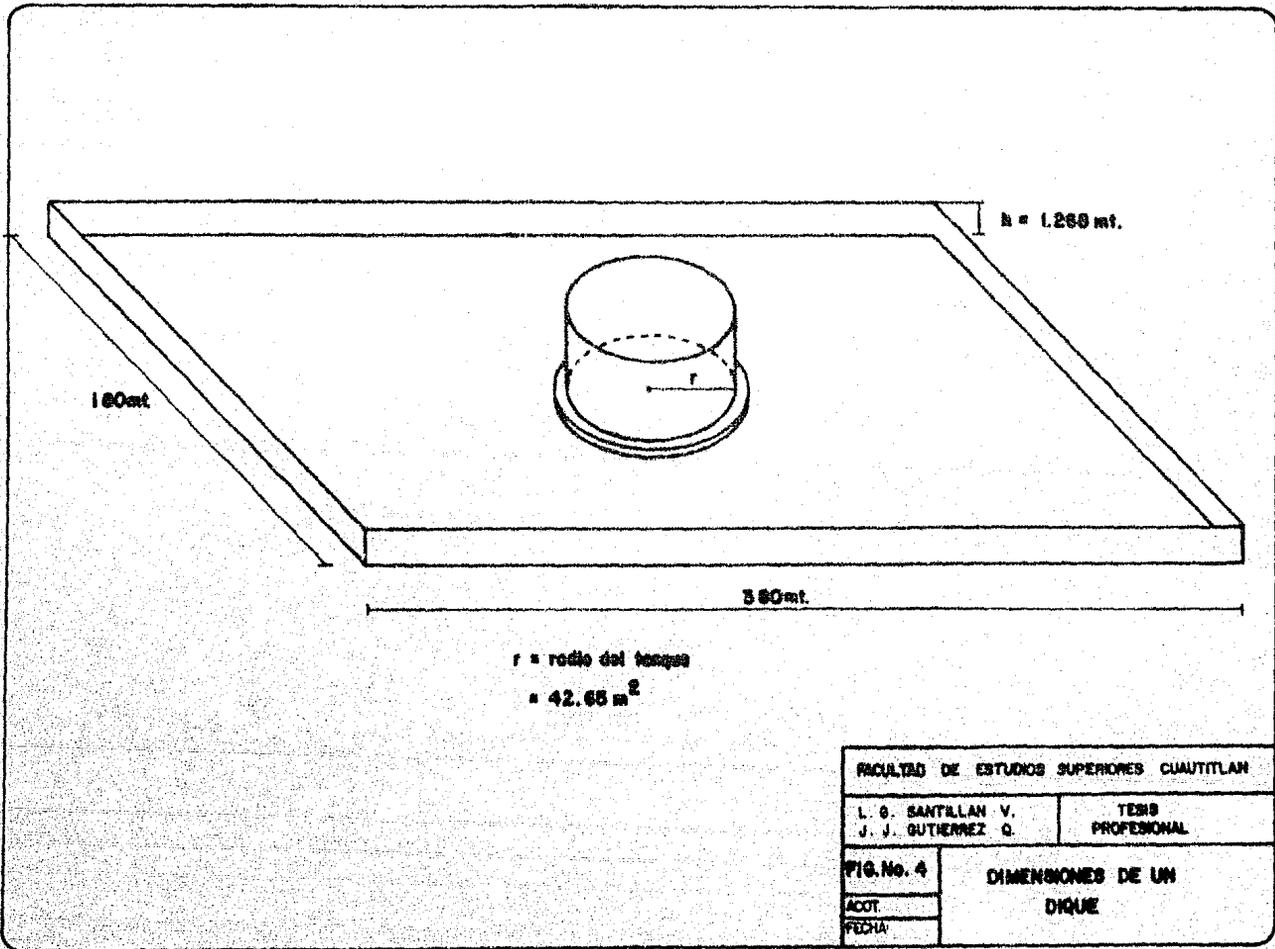
El dique tendrá las dimensiones que permita la disponibilidad de terreno, tendrá salidas tanto en drenaje pluvial como en drenaje aceitoso con recuperación de producto. La capacidad de volumen a retener del dique será la misma que la nominal del tanque, es decir  $79,500.00 \text{ M}^3$  ( que equivale a 500,000 BLS.)

$V_d = \text{largo} \times \text{ancho} \times \text{hd} - (\text{Area del tanque} \times \text{hd})$  ( en el caso de que sea rectangular )

hd = altura del dique

De esta manera si contamos con un terreno de 380 m. x 180 m. calculamos hd con el radio del tanque igual a 42.65 m.

$$\text{hd} = \frac{79,500 \text{ M}^3}{180 \times 380 - (\pi \times 42.65^2)} = 1.268 \text{ m ( ver fig. 4 )}$$



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILAN V. J. J. GUTIERREZ G.	TECNICO PROFESIONAL
FIG. No. 4	DIMENSIONES DE UN DIQUE
ACOT.	
FECHA	

## C A P I T U L O II

### DISEÑO DEL TANQUE

En este capítulo, se muestra un procedimiento para determinar -- las dimensiones, materiales y criterios de diseño de un tanque -- vertical de cúpula flotante.

Primero se mencionarán los materiales aprobados por el código em pleado.

Así como las consideraciones que se deben hacer para el diseño -- más apropiado a nuestras necesidades, posteriormente se muestrá-- el cálculo de la envolvente, refuerzo perimetral, cúpula y accesorios que se requieren para la operación del mismo.

2.1 REQUERIMIENTOS BASICOS DE DISEÑO.

MATERIALES: SE UTILIZARAN LOS SIGUIENTES: APROBADOS PARA UTILIZARSE EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

TABLA No. 4

TEMP. DEL MATERIAL PARA DISEÑO.	ESPESOR DE LA PLACA EN MM. ( PULG. )			
	$\leq 12.7$ ( $\leq \frac{1}{2}$ )	$> 12.7 \leq 25.4$ ( $> \frac{1}{2} \leq 1$ )	$> 25.4 \leq 38.1$	PARA PLACAS INSERTADAS Y BRIDAS $> 38.1 \leq 50.8$ ( $> 1\frac{1}{2} \leq 2''$ ) NORMALIZADO
ARRIBA DE 10°C (50°F)	A-283 GrC A-36	A-283 GrC A-36	A-36	$> 38.1 \leq 50.8$ ( 1" ) NORMALIZADO A-516
ARRIBA DE -6.7°C ( + 20° F )	A-283 GrC A-131 GrA A-36 A-442	A-131-GrB A-36 A-442	A-573Gr-58 A-36 A-442	A-573 Gr-58 A-516

A - ESPECIFICACIONES ASTM ( AMERICAN SOCIETY TESTING OF MATERIALS ).

## CLASIFICACION DE MATERIALES PARA CONSTRUCCION DE RECIPIENTES

ESTANDARES DE ASTM

- A - 36            ACERO CALIDAD ESTRUCTURAL  
MAXIMO ESPESOR 38 MM ( 1 ½ PULG. )
- A - 283           PLACAS, LAMINA Y BARRAS DE ACERO AL CARBON DE BAJO  
Y MEDIANO ESFUERZO A LA TENSION  
GRADO C; MAXIMO ESPESOR 25,4 MM. ( 1 PULG. )
- A - 131           ACERO ESTRUCTURAL PARA EMBARCACIONES  
GRADO A; MAXIMO ESPESOR 13 MM ( ½ PULG. )  
GRADO B; MAXIMO ESPESOR 25.4 MM. ( 1 PULG. )
- A - 442           PLACA DE ACERO AL CARBON PARA RECIPIENTES A PRESION  
GRADO 55 y 60; MAXIMO ESPESOR 38 MM (1½ PULG. )
- A - 516           PLACAS PARA RECIPIENTES A PRESION, ACERO AL CARBON  
PARA MEDIANA Y BAJA TEMPERATURA DE OPERACION, GRA-  
DOS 55, 60, 65 y 70.  
MAXIMO ESPESOR 38 MM ( 1½ PULG. )  
PLACAS DE REFUERZO Y BRIDAS DE 152 MM. DE ESPESOR.
- A - 570           ACEROS CALIDAD ESTRUCTURAL  
BAJO CONTENIDO DE CARBON.

A - 53 TUBERIAS DE ACERO AL CARBON

CLASIFICACION DE ELECTRODOS

AMERICAN WELDING SOCIETY - ASTM

E - 6010 ELECTRODO PARA SOLDAR ACERO AL CARBON CON RECUBRIMIENTO CELULOSICO CON SODIO, (RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION 60,000 LBS/PULG.<sup>2</sup>).

E - 7018 ELECTRODO PARA SOLDAR ACERO AL CARBON, CON RECUBRIMIENTO DE BAJO HIDROGENO Y POLVO DE FIERRO, (RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION 70,000 LBS/PULG.<sup>2</sup>).

E - 7024 ELECTRODO PARA SOLDAR ACERO AL CARBON, CON RECUBRIMIENTO DE POLVO DE FIERRO Y TITANIO, (RESISTENCIA MINIMA A LA TENSION 70,000 LBS/PULG.<sup>2</sup>)

PLACAS : Las placas se ajustarán a lo establecido en la norma A-570 GrC fabricadas con los procesos de hogarabierto u oxígeno básico.

ELECTRODOS PARA SOLDADURA: Los electrodos para soldadura de arco serán de la serie E6010, E-7018- y E-7024 y su selección estará de acuerdo al diseño del tanque.

**PERFILES ESTRUCTURALES:** Los perfiles de acero estructural - serán fabricados por los procesos - de hogar abierto, horno eléctrico u oxígeno básico.

ASTM - A-36 ó A-131 GrA

## 2.2 DISEÑO DEL FONDO

### DIMENSIONES DE LA PLACA:

Las placas del fondo deberán tener un espesor nominal mínimo de - 6 mm (1/4" ), sin incluir la tolerancia por corrosión.

Las placas tendrán forma rectangular y un ancho mínimo de 1829 mm ( 6 pies ) y no tendrán tolerancia en el espesor hacia abajo.

Las placas del fondo deberán ser de un tamaño que una vez cortadas las orillas se traslapen 30 mm mínimo con la placa anular.

Los traslapes de tres placas del fondo de los tanques estarán separadas entre sí y de la envolvente del tanque cuando menos 305 mm ( 12" ).

Las placas del fondo únicamente irán soldadas por su cara supe -

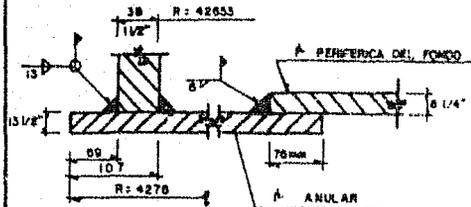
rior con soldadura de filete completo y continuo en toda la junta. ( Fig. No. 5 ).

#### PLACAS ANULARES DEL FONDO:

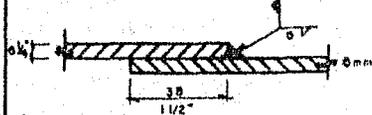
Los tanques diseñados en base al procedimiento de cálculo de espesores de este tipo de tanques, deberán tener placas anulares en el fondo.

Las placas serán soldadas a tope en un ancho radial mínimo de --- 610 mm entre el interior de la envolvente y cualquier junta soldada a traslape del resto del fondo; hacia el lado exterior de la envolvente las placas deberán proyectarse 51 mm como mínimo. (Fig. No. 5 )

El espesor de las placas anulares del fondo no deberá ser menor que los indicados a continuación ( Tabla 5 ),



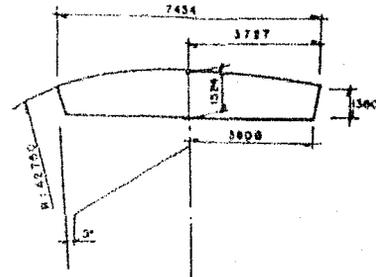
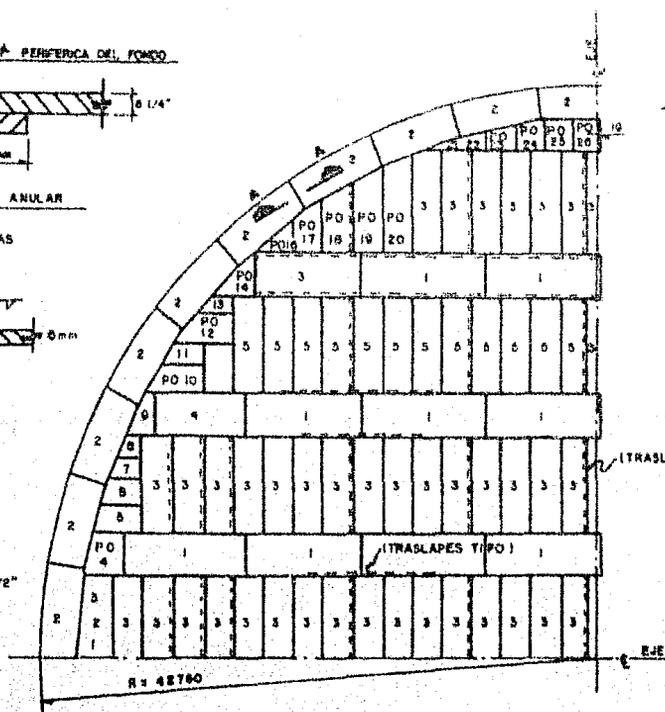
DETALLE DE LA JUNTA DE PLACAS PERIFERICAS CON LA R. ANULAR



DETALLE DE UN TRASLAPE



SECCION "A - A"



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ G.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 5	FONDO TANQUE TECHO FLOTANTE
ACOT. MM	500,000 BLS. (853440, 14630 H)
FECHA	(HABILITACION DE PLACAS)

ESPEJOR NOMINAL DEL 1er. ANILLO DE LA ENVOLVENTE. ESPEJOR MÍNIMO DE LAS PLACAS ANULARES.

mm. ( pulg. )	mm. ( Pulg. )
$t \leq 12.7$ ( 1/2 )	6.3 ( 1/4 )
$12.7 < t \leq 22.2$ ( 7/8 )	7.9 ( 5/16 )
$22.2 < t \leq 31.8$ ( 1 1/4 )	9.5 ( 3/8 )
$31.8 < t \leq 38.1$ ( 1 1/2 )	11.0 ( 7/16 )

TABLA No. 5 ( Según normas de Pemex )

El anillo de placas anulares deberá tener un perfil circular en la circunferencia exterior pero puede tener la forma de polígono-regular en el interior de la envolvente del tanque, con un número de lados igual al número de placas anulares.

Las placas del fondo soldados a tope ( PLACA ANULAR ) deberán llevar una preparación de bisel en V o ranura cuadrada.

Se les colocará una solera de respaldo con espesor mínimo de 1/8" pulg., punteada a la parte posterior de la placa y permitirá soldar una con otra las placas anulares.

Las placas del primer anillo de la envolvente, deberán unirse a las placas anulares del fondo por medio de soldaduras de filete por el interior y exterior del anillo. ( Fig. No. 5 )

### 2.3 PRINCIPIOS BASICOS EN EL DISEÑO DE RECIPIENTES DE PRESION DE PARED DELGADA

#### FACTOR DE SEGURIDAD:

En el diseño, a menudo se requiere seleccionar la geometría y los materiales de tal forma que en ningún sitio el esfuerzo sea igual al esfuerzo de fluencia del material. Esto asegura que en el sistema no se presentará una deflexión excesiva y que el material no fallará físicamente ( es decir no será sometido al esfuerzo último ).

Para disminuir la incertidumbre, el diseñador utiliza un esfuerzo menor que el de fluencia como valor límite del esfuerzo permisible. Este esfuerzo se denomina esfuerzo de diseño y se define el concepto de factor de seguridad en la forma siguiente:

$$F.S. = \frac{\text{ESFUERZO DE FLUENCIA}}{\text{ESFUERZO DE DISEÑO}}$$

En la tabla 6, se muestran factores de seguridad, que son destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores -- tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, --

etc., son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASES DE CARGA	ACERO METALES DUCTILES		HIERRO FUNDIDO METALES QUEBRADISOS	MADERA DE CONSTRUCCION
	BASADO EN RESISTENCIA MAXIMA	BASADO EN LA RESISTENCIA FLUENCIA	BASADO EN LA RESISTENCIA MAXIMA	
CARGA PERMANENTE FS=	3 - 4	1.5 - 2	5 - 6	7
REPETIDA, UNA DIRECCION, GRADUAL ( CHOQUE SUAVE ) FS=	6	3	7 - 8	10
REPETIDA, INVERTIDA, GRADUAL (CHOQUE SUAVE ) FS=	8	4	10 -12	15
CHOQUE FS=	10 - 15	5 - 7	15 -20	20

TABLA No. 6

## DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES $S_1$ , $S_2$ , $S_3$ .

Los recipientes de presión de pared delgada ofrecen una importante aplicación del análisis del esfuerzo plano.

Puesto que sus paredes ofrecen poca resistencia a la flexión, se supone que las fuerzas internas ejercidas en un segmento dado de la pared son tangentes a la superficie del recipiente. Los esfuerzos resultantes en un elemento de pared estarán por lo tanto contenidos en un plano tangente a la superficie del recipiente.

Limitaremos nuestro análisis de esfuerzos en recipientes de presión de pared delgada a los dos tipos de recipientes más frecuentemente encontrados: Recipientes cilíndricos y esféricos.

Consideremos un recipiente cilíndrico de radio interior  $r$  y espesor de pared  $t$  que contiene un fluido a presión ( Fig. A ).

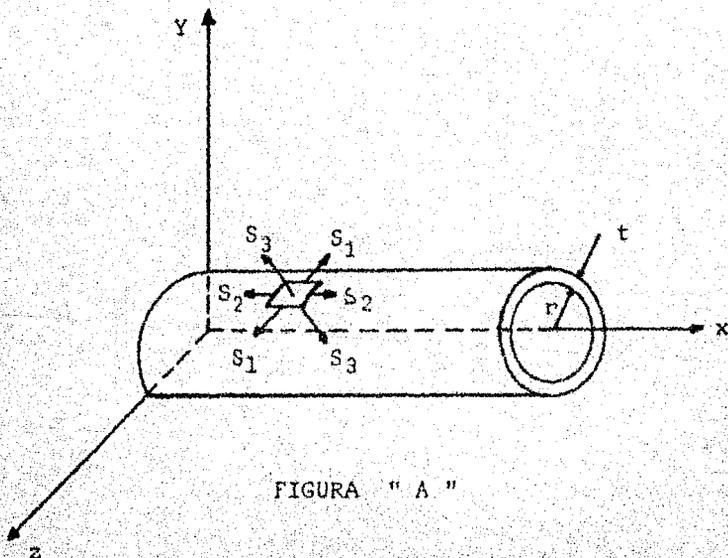


FIGURA " A "

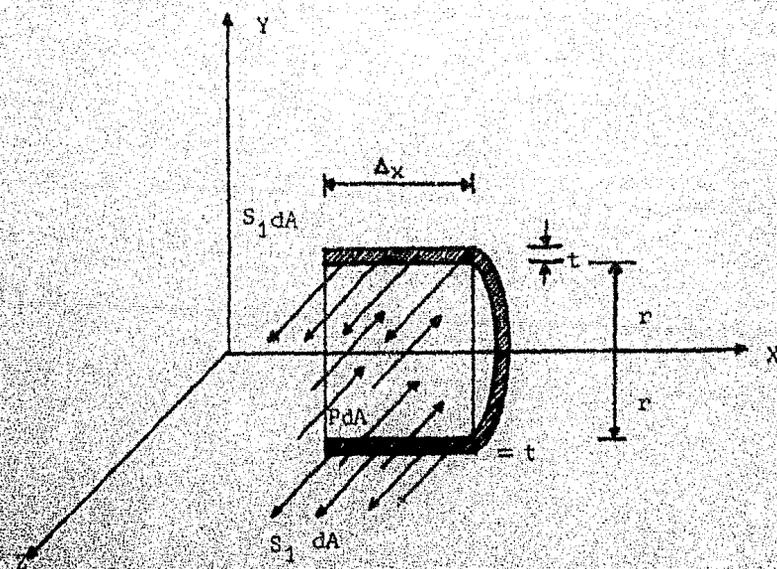
Nos proponemos determinar los esfuerzos ejercidos en un pequeño elemento de pared con lados respectivamente paralelos y perpendiculares al eje del cilindro.

Debido a la simetría del recipiente y su contenido, es claro que no se ejerce esfuerzo cortante en el elemento.

Los esfuerzos normales  $S_1$  y  $S_2$  ilustrados en la Fig. "A" son por lo tanto esfuerzos principales. El esfuerzo  $S_1$  se conoce con el nombre de ESFUERZO TANGENCIAL y el esfuerzo  $S_2$  se denomina ESFUERZO LONGITUDINAL.

Para determinar el esfuerzo tangencial  $S_1$  desprenderemos una porción del recipiente y su contenido limitado por el plano XY y -- dos planos paralelos al plano YZ a una distancia  $\Delta X$  del otro -- ( Fig. "B" ).

FIGURA "B"



Las fuerzas paralelas al eje Z que actúan en el cuerpo libre definido de esta manera consisten en las fuerzas elementales internas  $S_1 dA$  en las secciones de paredes y las fuerzas elementales de presión  $p dA$  ejercida en la porción del fluido, incluida en el cuerpo libre. Nótese que  $p$  denota la presión manométrica del

fluido, es decir, el exceso de la presión interna con respecto a la presión atmosférica exterior. La resultante de las dos fuerzas internas  $S_1 dA$  es igual al producto de  $S_1$  y al área de la sección transversal  $2t\Delta x$  de la pared, mientras que la resultante de las fuerzas de presión  $p dA$  es igual al producto de  $p$  y el área  $2r\Delta x$ .

Escribiendo la ecuación de equilibrio:  $\sum F_z = 0$

$$S_1 (2t\Delta x) - P (2r\Delta x) = 0$$

y despejando el esfuerzo tangencial  $S_1$

$$S_1 = \frac{Pr}{t}$$

Para determinar el esfuerzo longitudinal  $S_2$  haremos una sección perpendicular al eje X y consideremos el cuerpo libre consistente en la porción del recipiente y su contenido localizados a la izquierda de la sección ( Fig. "C")

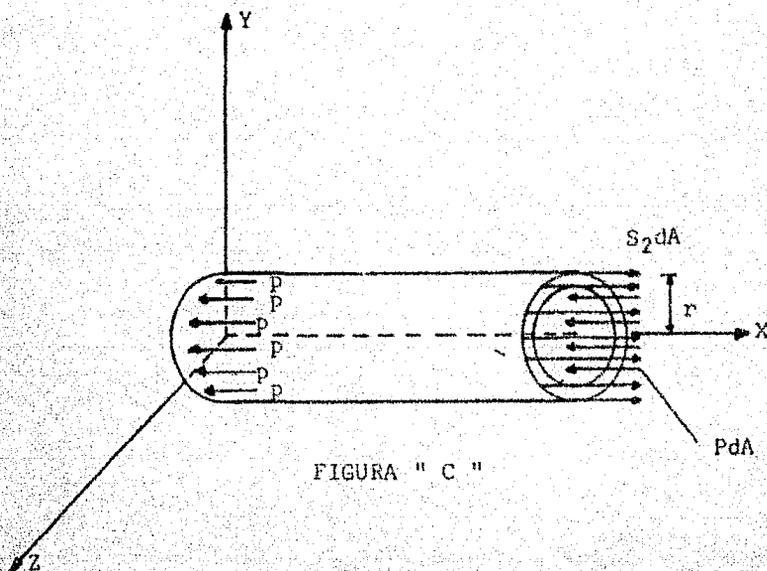


FIGURA " C "

Las fuerzas que actúan en este cuerpo libre son las fuerzas internas elementales  $S_2 dA$  en la pared de la sección y las fuerzas elementales de presión  $p dA$  ejercidos en la porción del fluido incluida en el cuerpo libre.

Observando que el área de la sección del fluido es  $\pi r^2$  y el área de la sección de pared puede obtenerse multiplicando la circunferencia  $2\pi r$  del cilindro por el espesor de la pared  $t$ , escribimos la ecuación de equilibrio.

$$\sum F_x = 0 \quad S_2 ( 2 \pi r t ) - p ( \pi r^2 ) = 0$$

y despejando el esfuerzo longitudinal  $S_2$

$$S_2 = \frac{pr}{2t}$$

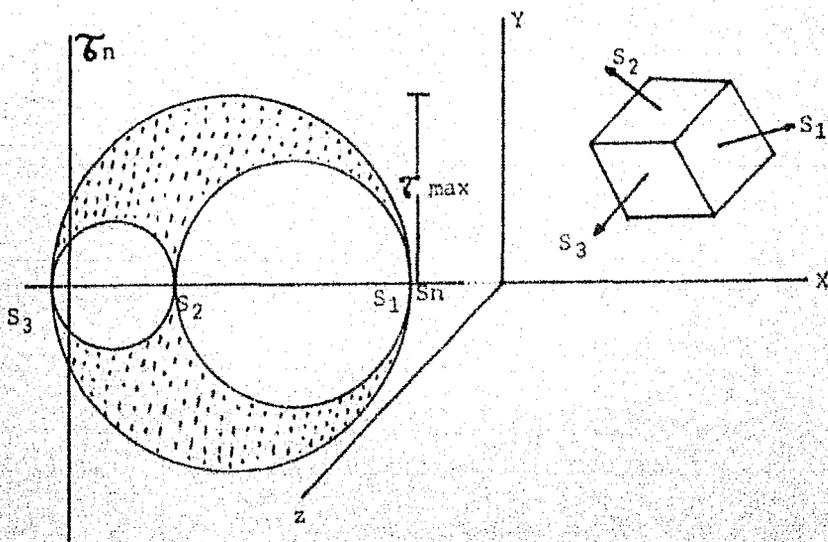
El estado de esfuerzo para un elemento de un recipiente a presión de pared delgada; se considera biaxial, aunque la presión interna actuando normalmente a la pared produce un esfuerzo local de compresión :  $S_3 = -P$ , igual a dicha presión.

#### CIRCULO DE MOHR PARA EL ESFUERZO TRIDIMENSIONAL.

Como en el caso del esfuerzo plano ó biaxial, existe una orientación particular del elemento en el espacio en la que todas las componentes de esfuerzo cortante son iguales a cero. Cuando un elemento tiene dicha orientación, las normales a las caras corresponden a las direcciones principales y los esfuerzos normales ejercidos sobre esas caras son los esfuerzos principales puesto que hay seis caras, habrá tres direcciones principales y también tres esfuerzos principales,  $S_1, S_2, S_3$ .

Al trazar los círculos de Mohr para el esfuerzo triaxial, los es-

fuerzas principales se ordenan de manera que  $S_1 > S_2 > S_3$ , como se ilustra en la siguiente figura.



### CIRCULOS DE MOHR PARA ESFUERZO TRIAXIAL

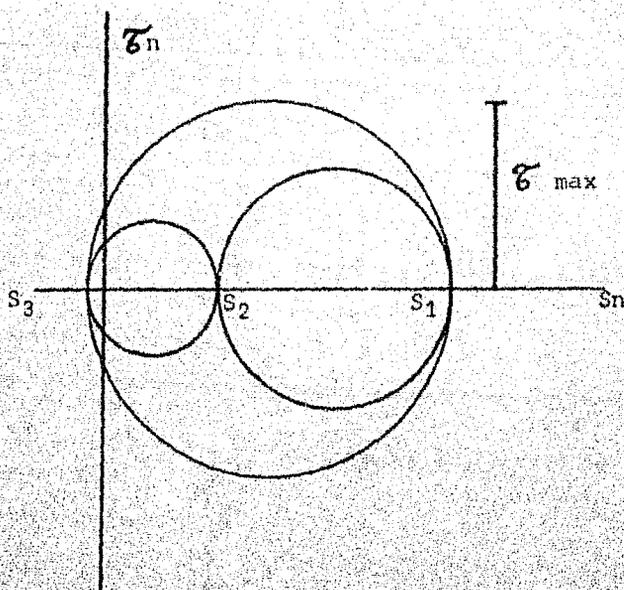
Las coordenadas de esfuerzo  $S_n, \tau_n$  para un plano de localización arbitraria estarán siempre dentro del área sombreada.

TRAZO DEL CIRCULO DE MOHR PARA LAS TENSIONES TRIDIMENSIONALES.

Anteriormente se determinó que los esfuerzos principales que ac--

túan sobre un elemento del cilindro alejado de los extremos corresponden aproximadamente.

$$S_1 = \frac{PR}{t} ; S_2 = \frac{PR}{2t} ; S_3 = -P$$



De la figura anterior tenemos que:

$$\tau_{Max} = \frac{S_1 - S_3}{2}$$

$$\tau_{\text{Max.}} = \frac{\frac{PR}{t} - (-P)}{2}$$

$$\tau_{\text{MAX.}} = \frac{\frac{PR}{t} + P}{2}$$

Teoría de falla del esfuerzo cortante máximo tenemos que se puede expresar como:

$$s_1 - s_3 = \frac{s_{yp}}{2 \text{ F.S.}}$$

Para un acero ASTM A-36 ( Acero calidad estructural ) se tiene un esfuerzo en el punto de fluencia  $s_{yp} = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ . De la tabla mostrada en la sección de factor de seguridad tenemos que para una carga permanente para metales dúctiles ( acero ) basado en la resistencia de fluencia tenemos un factor de seguridad de 2.

$$s_1 - s_3 = \frac{2530}{2(2)}$$

$$s_1 - s_3 = 632.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{\frac{PR}{t} + P}{2} = 632.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{PR}{t} + P = 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

Tenemos que para las condiciones más críticas en el tanque se tiene una presión = 1.432 Kg/cm<sup>2</sup>

$$\text{Radio interior} = 4265.3 \text{ cms.}$$

$$\frac{1.432 (4265.3)}{t} + 1.432 = 1265 \text{ Kg. cm}^2$$

$$\frac{1.432 (4265.3)}{t} = 1265 (-) 1.432 \text{ Kg/cm}^2$$

$$t = \frac{1.432 (4265.3)}{1265 - 1.432} = \frac{PR}{S_1 - (-S_2)}$$

$$t_1 = 4.8335 \text{ cms. (Espesor en el 1er. Anillo).}$$

De la fórmula anterior para el cálculo del espesor tenemos que:

t = Espesor para el anillo No. 1 al No. 6 ( cms. )

P = Presión de columna de agua para el nivel de cálculo de espesor de cada anillo ( altura del anillo 2.438 mts. ) medida en ( Kg/cm<sup>2</sup> ).

$R$  = Radio interior del tanque ( cms. ).

$S_1$  = Esfuerzo principal (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  ).

$S_3$  = Esfuerzo principal, el valor de este concepto será el de la presión correspondiente al anillo que se vaya a calcular pero con signo negativo dicho valor (  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  ).

Determinación de los espesores del 2º al 6º anillo.

$$P_2 = 1.188 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \quad S_3 = - 1.188 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$P_3 = 0.945 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \quad S_3 = - 0.945 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$P_4 = 0.701 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \quad S_3 = - 0.701 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$P_5 = 0.457 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \quad S_3 = - 0.457 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

$$P_6 = 0.214 \text{ Kg}/\text{cm}^2 \quad S_3 = - 0.214 \text{ Kg}/\text{cm}^2$$

Substituyendo en la ecuación para obtener el espesor de los anillos tenemos que:

$$t_1 = 4.833 \text{ cms.}$$

$$t_2 = 4.009 \text{ cms.}$$

$$t_3 = 3.188 \text{ cms.}$$

$$t_4 = 2.366 \text{ cms.}$$

$$t_5 = 1.541 \text{ cms.}$$

$$t_6 = 0.721 \text{ cms.}$$

### CRITERIOS DE PREDICCIÓN DE LA INICIACIÓN DE FLUENCIA EN MATERIALES DUCTILES.

Condición de Tresca, esta condición establece que la fluencia se inicia si la mitad de la mayor diferencia entre los esfuerzos principales alcanza cierto valor crítico que depende de la naturaleza del material.

Para predecir si existe o no fluencia en un punto sometido a un estado de esfuerzo conocido basta comparar:

$$\frac{1}{2} (S \text{ MAX.} - S \text{ MIN.}) \text{ con } S_{yp}/2.$$

$$\frac{1}{2} (S \text{ MAX.} - S \text{ MIN.}) < \frac{S_{yp}}{2} \text{ No hay fluencia}$$

$$\text{y si } \frac{1}{2} (S \text{ MAX.} - S \text{ MIN.}) > \frac{S_{yp}}{2} \text{ Se espera que haya fluencia de acuerdo con el criterio de Tresca.}$$

Para la iniciación de la fluencia se tiene:

$$\frac{1}{2} ( S \text{ MAX.} - S \text{ Min.} ) = \frac{S_{yp}}{2}$$

$$\therefore \frac{1}{2} ( 1265 - 0 ) = 632.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{S_{yp}}{2} = \frac{1265}{2} = 632.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$632.5 < 1265$  El criterio predice que no hay fluencia.

El criterio de Mises - hencky establece que si  $S_{oct}$  correspondiente a un estado de esfuerzos y calculado de acuerdo con la ecuación  $S_{oct} = \frac{1}{3} \sqrt{(S_1 - S_2)^2 + (S_1 - S_3)^2 + (S_2 - S_3)^2}$  es menor que  $(2/3) S_{yp}$  para el mismo material, la teoría indica que no hay fluencia en el punto. Por otra parte, si  $S_{oct} \geq (2/3) S_{yp}$  - la teoría predice fluencia.

Para la iniciación de la fluencia se tiene:

$$\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(S_1 - S_2)^2 + (S_1 - S_3)^2 + (S_2 - S_3)^2} = S_{yp}$$

Para las condiciones del tanque tenemos que:

$$Soct = \frac{1}{3} \sqrt{(1265 - 632.5)^2 + (1265 - 1.432)^2 + (631.72 - [-1.439])^2}$$

$$Soct = 516.51 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{2}{3} S_{yp} = \frac{2}{3} (2530) = 1686.66 \text{ Kg/cm}^2.$$

∴ 516.51 < 1686.66 La teoría indica que no hay fluencia apoyando el resultado obtenido con el criterio anterior en el cual también predice el mismo resultado.

## 2.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Supongamos que disponemos de suficiente superficie para alojar un recipiente cilindrico sobre el nivel del piso con las siguientes características:

- Total de la superficie:

380 Mts. largo

180 Mts. Ancho

68400 Mts.<sup>2</sup>

Proponemos entonces un tanque con las dimensiones siguientes:

V = 500,000 Barriles

Las propiedades del producto ( en este caso el petróleo) son:

Densidad ( d ) = 0.8 ton/M<sup>3</sup>

Punto de Fusión ; - 70° C

Punto de Ebullición = 150 - 300°C.

Conductividad Térmica = 0.159 W/m°K

El peso del producto será:

$$500,000 \text{ bls} \times \frac{42 \text{ galones}}{1 \text{ Bls.}} \times \frac{1 \text{ litro}}{0.2642 \text{ Galones}} \times \frac{\text{M}^3}{1000 \text{ litros}} = 79,485.24 \text{ M}^3$$

Por lo tanto el peso del producto se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Peso del petróleo} = 79485.24 \text{ M}^3 \times \frac{0.8 \text{ Ton}}{\text{M}^3} = 63,588.19 \text{ Ton.}$$

Sin embargo el tanque debe someterse a una prueba hidrostática en la que se llena éste de agua, cuyo peso es mayor al del petróleo y los cálculos definitivos de trabajo se harán en base a ésta - prueba, por tanto:

$$\text{Peso del agua} = 79,485.24 \text{ M}^3 \times \frac{1 \text{ Ton}}{\text{M}^3} = 79,485.24 \text{ Ton.}$$

Para el tanque se cuenta con una área de  $5715.43 \text{ M}^2$ , como la base del tanque será circular, podemos calcular el radio y diámetro mediante la siguiente fórmula:

$$r = \left( \frac{A_{\text{pr}}}{\pi} \right)^{1/2}$$

Sustituimos datos y :

$$r = \left( \frac{5715.43}{3.1416} \right)^{0.5} = 42.653 \text{ m.}$$

$$D = 2r$$

$$D = 85.306 \text{ m}$$

La altura será:

$$H = \frac{79,485.24 \text{ M}^3}{5715.43 \text{ M}^2} = 13.907 \text{ mts.}$$

Dejando una holgura para maniobras, movimiento del líquido a almacenar, instrumentos y mantenimiento, la altura tendrá 5.29% más - es decir

$$H = 13.907 \times 1.0519 = 14.63 \text{ mts.}$$

## 2.5 ESFUERZOS PERMISIBLES

El esfuerzo máximo permisible de diseño incluyendo el factor de eficiencia de junta será de  $1480 \text{ Kg/cm}^2$  ( $21000 \text{ Lbs/pulg.}^2$ ). El esfuerzo máximo permisible en la prueba hidrostática, incluyendo el factor de eficiencia de la junta será de  $1620 \text{ Kg/cm}^2$  ( $23000 \text{ lbs/pulg.}^2$ ) en el espesor total de la placa, incluida la tolerancia por corrosión.

## 2.6 TOLERANCIA DE CORROSION

El proveedor especificará las tolerancias para corrosión tomando en cuenta el efecto del líquido almacenado, el del vapor sobre el nivel del líquido y las condiciones del medio ambiente.

## 2.7 ESPESOR DE LA ENVOLVENTE.

El espesor necesario de la envolvente será el mayor de los espesores de diseño, incluyendo la tolerancia de corrosión o el de prueba hidrostática.

Los espesores de diseño de la envolvente se calcularán sobre la -

base del tanque lleno con el líquido por almacenar cuya densidad relativa es de 0.8.

Los espesores de la envolvente calculados para prueba hidrostática deberán usarse cuando éstos sean mayores que los de diseño.

El espesor mínimo necesario de las placas de la envolvente será el mayor de los valores calculados con las siguientes fórmulas.

Espesor de diseño:

$$t_d = \frac{(5.0)(D)(H-0.3)(G)}{1480} + C \quad \text{Sistema métrico}$$

$$t_d = \frac{(2.6)(D)(H-1)(G)}{21000} + C \quad \text{Sistema inglés}$$

Espesor para prueba hidrostática.

$$t_p = \frac{(5.0)(D)(H-0.3)}{1620} \quad \text{Sistema métrico}$$

$$t_p = \frac{(2.6)(D)(H-1)}{23000} \quad \text{Sistema inglés}$$

Donde:

D = Diámetro nominal del tanque m ( pies ).

H = Altura total del tanque m ( pies ).

G = Densidad relativa de diseño para el líquido.

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

(H-1) Debido a que la envolvente se forma de varios anillos, el esfuerzo de tensión se calculará a 30 cm. ( 1 pies ) del fondo es la razón por lo que les resta 30 cm. 6 - (1 pie ) en la altura requerida ( Fig. D,

Datos:

t = ?

D. Int. = 85.306 mts. ( 280 pies )

h Máx. = 14.630 mts. ( 48 pies )

P fondo = 1.463 Kg/cm<sup>2</sup> ( 20.8 lbs/pulg.<sup>2</sup> )

S<sub>y</sub> = 2530 Kg/cm<sup>2</sup> ( 35,950 lbs/pulg.<sup>2</sup> )

E = Eficiencia de Junta 0.85

h<sub>1</sub> = 14.326 Mts.      P<sub>1</sub> = 1.432 Kg/cm<sup>2</sup> ( 20.35 lbs/pulg.<sup>2</sup> )  
(47.000 pies)

h<sub>2</sub> = 11.888 Mts.      P<sub>2</sub> = 1.188 Kg/cm<sup>2</sup> ( 16.88 lbs/pulg.<sup>2</sup> )  
(39.000 pies )

$$h_3 = 9.450 \text{ Mts. } P_3 = 0.945 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ( 9.17 lbs/pulg.}^2\text{)}$$

(31.000 pies)

$$h_4 = 7.012 \text{ Mts. } P_4 = 0.701 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ( 9.96 lbs/pulg.}^2\text{)}$$

(23.000 pies)

$$h_5 = 4.574 \text{ Mts. } P_5 = 0.457 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (6.50 lbs/pulg.}^2\text{)}$$

(15.000 pies)

$$h_6 = 2.136 \text{ Mts. } P_6 = 0.214 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ( 3.04 lbs/pulg.}^2\text{)}$$

(7.000 pies)

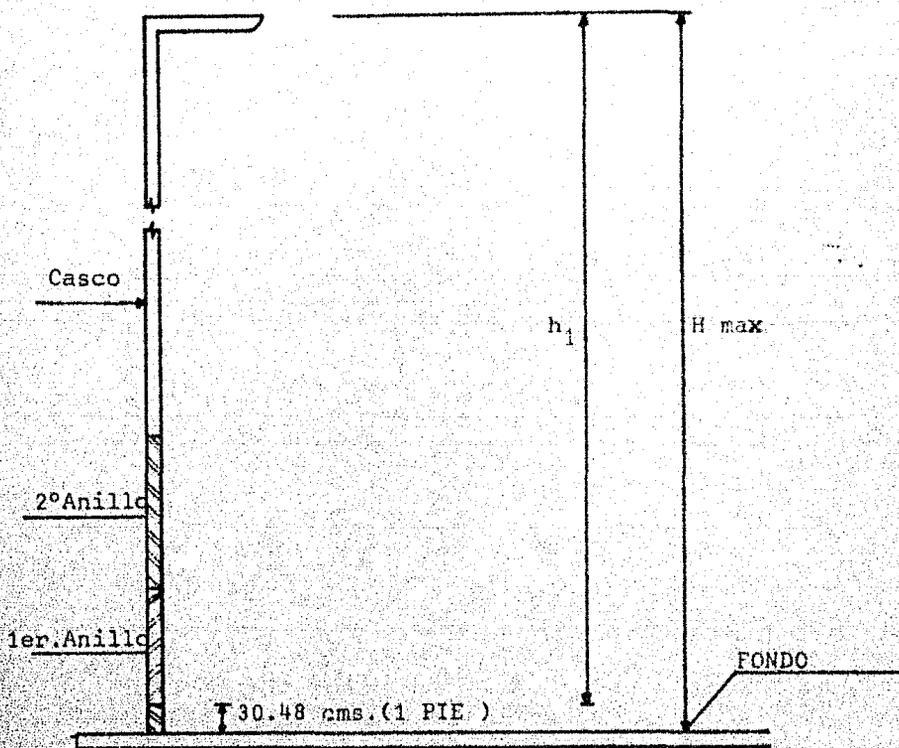


FIG. " D "

Cálculo de espesores mínimos por el procedimiento en base al código API-650.

D	=	85.306 mts. (280 Pies )
H Max.	=	14.630 mts. ( 48 Pies )
G	=	0.8

$$H_1 = 14.630 \text{ mts. ( 48 pies )}$$

$$H_2 = 12.192 \text{ mts. ( 40 pies )}$$

$$H_3 = 9.754 \text{ mts. ( 32 pies )}$$

$$H_4 = 7.315 \text{ mts. ( 24 pies )}$$

$$H_5 = 4.876 \text{ mts. ( 16 pies )}$$

$$H_6 = 2.438 \text{ mts. ( 8 pies )}$$

#### Espesores de diseño

$$t_{d1} = \frac{5.0 (85.306) (14.63 - 0.3) (0.8) + 0.15875}{1480} = 3.462 \text{ cms. (1.362")}$$

$$t_{d2} = \frac{5.0 (85.306) (12.192 - 0.03) (0.8) + 0.15875}{1480} = 2.900 \text{ cms. (1.141")}$$

$$t_{d3} = \frac{5.0 (85.306) (9.754 - 0.3) (0.8) + 0.15875}{1480} = 2.338 \text{ cms. (0.920")}$$

$$t_{d4} = \frac{5.0 (85.306) (7.316 - 0.3) (0.8) + 0.15875}{1480} = 1.776 \text{ cms. (0.700")}$$

$$t_{d5} = \frac{5.0 (85.306) (4.876 - 0.3) (0.8) + 0.15875}{1480} = 1.213 \text{ cms. (0.477")}$$

$$t_d = \frac{5.0(85.306)(2.438-0.3)(0.8) + 0.15875}{1480} = 0.651 \text{ cms. (0.256")}$$

Espesores por prueba hidrostática.

$$t_p^1 = \frac{5.0(85.306)(14.63-0.3)}{1620} = 3.772 \text{ cm. (1.485")}$$

$$t_p^2 = \frac{5.0(85.306)(12.192-0.3)}{1620} = 3.131 \text{ cm. (1.232")}$$

$$t_p^3 = \frac{5.0(85.306)(9.754-0.3)}{1620} = 2.489 \text{ cm. (0.980")}$$

$$t_p^4 = \frac{5.0(85.306)(7.318-0.3)}{1620} = 1.847 \text{ cm. (0.727")}$$

$$t_p^5 = \frac{5.0(85.306)(4.875-0.3)}{1620} = 1.205 \text{ cm. (0.474")}$$

$$t_p^6 = \frac{5.0(85.306)(2.438-0.3)}{1620} = 0.563 \text{ cm. (0.221")}$$

## COMPARACION DE LOS ESPESORES OBTENIDOS.

	TEORICO	$t_d$	$t_p$	ESPESOR COMERCIAL
$t_1$	48.33 mm.	34.62 mm.	37.72 mm.	38.000 mm = 1½"
$t_2$	40.09 mm.	29.00 mm.	31.31 mm.	31.750 mm = 1¼"
$t_3$	31.88 mm.	23.38 mm.	24.892 mm.	25.400 mm = 1"
$t_4$	23.66 mm.	17.76 mm.	18.466 mm.	19.050 mm = ¾"
$t_5$	15.41 mm.	12.13 mm.	12.05 mm.	13.000 mm = ½"
$t_6$	7.21 mm.	6.51 mm.	5.63 mm.	7.938 mm = 5/16"

Como se puede observar los espesores teóricos resultaron ser mayores que los obtenidos en base al código; pero para el diseño emplearemos los valores obtenidos por el código, ya que los espesores teóricos se muestran como comparaciones entre uno y otro.

También se puede observar que el último anillo resulta un espesor de 5/16", pero en las condiciones de diseño nos indica el código que el espesor mínimo para placas de la envolvente en tanques con diámetro mayor de 60.96 mts. será de 3/8" finalmente los espesores de los anillos que formarán la envolvente serán los siguientes: ( Fig. 6 )

1er. ANILLO -- PLACA DE 3.8 Cms. ( 1½" Pulg. )

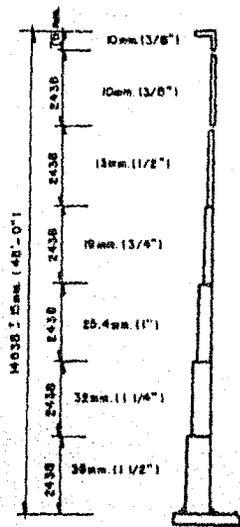
- 2° ANILLO -- PLACA DE 3.2 Cms. ( 1 $\frac{1}{4}$ " Pulg. )  
3er. ANILLO -- PLACA DE 2.54 Cms. (1" pulg. )  
4° ANILLO -- PLACA DE 1.9 Cms. (3/4" Pulg.)  
5° ANILLO -- PLACA DE 1.3 Cms. (1/2" Pulg.)  
6° ANILLO -- PLACA DE 1.0 Cms. (3/8" Pulg.)

ANGULO DE CORONAMIENTO.- ANG. 3" x 3" x 3/8" PULG.

ANG. 76 mm x 76 mm x 10 mm espesor

## 2.8 TIPOS DE ANILLOS ATIESADORES:

Los anillos atiesadores pueden ser de cualquier sección estructural, secciones de placas conformados, secciones fabricadas con soldadura o combinaciones de perfiles o placas unidas con soldadura.



ANILLO 6

ANILLO 5

ANILLO 4

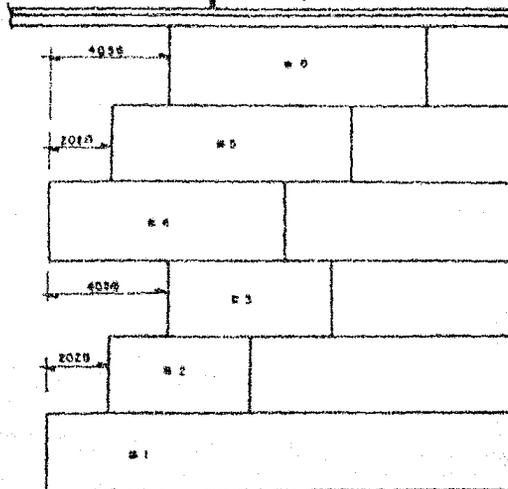
ANILLO 3

ANILLO 2

ANILLO 1

ANGULO DE CORCHAMIENTO

67 76 x 76 x 10 mm



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ G.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 6 ARREGLO GENERAL DE PLACAS  
DEL CASCO.

ACOT. MM

FECHA

VISTA POR EL EXTERIOR TANQUE  
DE 500 000 BLS. (79800 M<sup>3</sup>).

El perímetro exterior del anillo atiesador podrá ser circular o poligonal.

Anillos atiesadores usados como pasarelas:

Los anillos atiesadores o los tramos de ellos usados como pasarelas, tendrán un ancho mínimo de 610 mm. ( 24" ), libre de la proyección del ángulo superior de la envolvente, estando provisto de un pasamano estándar en el lado exterior y en los extremos de la pasarela.

De preferencia se localizarán a 1067 mm ( 3'6" ) abajo de la envolvente. ( Fig. 7 )

Módulo de sección.

El módulo de sección mínimo del anillo atiesador, se determinará por la siguiente ecuación.

$$Z = 0.05787 D^2 H_2 \text{ ( cm}^3 \text{ )}$$

$$Z = 0.0001 D^2 H_2 \text{ ( pulg.}^3 \text{ )}$$

en donde :

Z = Módulo de sección en  $\text{cm}^3$  (  $\text{pulg}^3$  )

D = Diámetro nominal del tanque en m ( pies )

$H_2$  = Altura de la envolvente en m (pies) incluyendo cualquier obra muerta instalada arriba del nivel máximo del líquido para servir de gufa a una cúpula flotante.



NOTA: Estas fórmulas empíricas están basadas en una velocidad -- del viento de 160 KPH. ( 100 MPH ).

Cálculo de módulo de sección mínimo para el anillo atiesador.

$$Z = 0.05787 ( 85.306 )^2 ( 16.630 ) = 7003.33 \text{ cm}^3.$$

Con el valor de  $Z = 7003.33 \text{ cm}^3$  se inicia un proceso de aproximaciones para encontrar una sección estructural que nos de como mínimo el módulo de sección requerida.

A continuación se muestra un procedimiento para determinar la sección requerida.

NOTA: El módulo de sección del anillo atiesador, dependerá del -- perfil empleado y podrá incluir parte de la envolvente en -- una distancia hacia abajo y hacia arriba, 16 veces el espesor de la placa de la envolvente donde se encuentre localizado. ( Fig. E ).

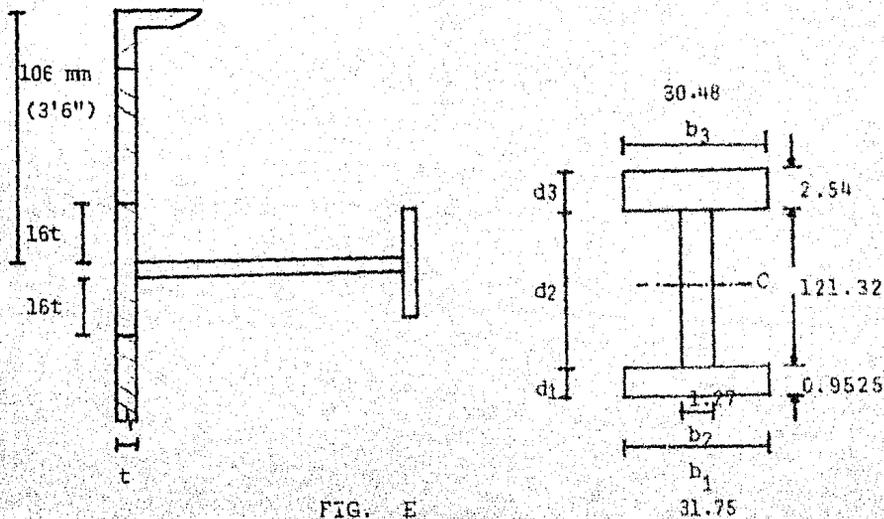


FIG. E

$$Y_1 = \frac{d1}{2} = \frac{0.9525}{2} = 0.47625 \text{ cms.}$$

$$Y_2 = d1 + \frac{d2}{2} = 0.9525 + \frac{121.92}{2} = 61.9125 \text{ cms.}$$

$$Y_3 = d1 + d2 + \frac{d3}{2} = 0.9525 + 121.92 + \frac{2.54}{2} = 124.1425 \text{ cms.}$$

$$H1 = C - Y_1$$

$$H2 = C - Y_2$$

$$H3 = Y_3 - C$$

$$C = \frac{\sum A Y}{A} = \frac{A_1 Y_1 + A_2 Y_2 + A_3 Y_3}{A}$$

$$A_1 = 31.75 (0.9525) = 30.242 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = 121.92 (1.27) = 154.838 \text{ cm}^2$$

$$A_3 = 30.48 (2.54) = 77.419 \text{ cm}^2$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 = 30.242 + 154.838 + 77.419 = 262.499 \approx 262.5 \text{ cm}^2$$

$$C = \frac{(30.242 * 0.47625) + (154.838 * 61.9125) + (77.419 * 124.1425)}{262.5}$$

$$C = \frac{14.403 + 9586.408 + 9610.99}{262.5}$$

$$C = \frac{19211.798}{262.5}$$

$$C = 73.188 \text{ cms.}$$

$$H_1 = 73.188 - 0.47625 = 72.718 \text{ cms.}$$

$$H_2 = 73.188 - 61.9125 = 11.276 \text{ cms.}$$

$$H_3 = 124.1425 - 73.188 = 50.955 \text{ cms.}$$

$$I_1 = \frac{b_1 d_1^3}{12} = \frac{31.75 (0.9525^3)}{12} = 2.286 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 d_2^3}{12} = \frac{1.27 (121.92^3)}{12} = 191799.420 \text{ cm}^4$$

$$I_3 = \frac{b_3 d_3^3}{12} = \frac{30.48 (2.54^3)}{12} = 41.623 \text{ cm}^4$$

$$I_g = I_1 + I_2 + I_3 = 2.286 + 191799.42 + 41.623 = 191843.32 \text{ cm}^4$$

$$AH^2 = A_1 H_1^2 + A_2 H_2^2 + A_3 H_3^2$$

$$A_1 H^2 = (30.242 * 72.718^2) + (154.638 * 11.276^2) + (77.419 * 955^2)$$

$$AH^2 = 380615.87 \text{ cm}^4$$

$$I = AH^2 + I_g$$

$$I = 380615.87 \text{ cm}^4 + 191843.32 \text{ cm}^4$$

$$I = 572459.2 \text{ cm}^4$$

$$\text{MODULO DE SECCION ( Z )} = \frac{I}{C}$$

$$Z = \frac{572459.2 \text{ cm}^4}{73.188 \text{ cm}}$$

$$Z = 7821.763 \text{ cm}^3$$

Comparando el módulo de sección mínimo requerido contra el módulo de sección propuesto, resulta ser éste último mayor, por lo que la elección del perfil es el indicado para operar en condiciones óptimas.

#### ABERTURAS PARA ESCALERAS A TRAVES DE ANILLOS ATIESADORES.

Cuando se tenga que dejar aberturas en el anillo atiesador para el paso de una escalera, el módulo de sección en la parte exterior del anillo, incluyendo la sección de transición, se ajustará al módulo de sección mínimo requerido del anillo atiesador ( ver Fig. No. 7 ).

## 2.9 DISEÑO DE LA CUPULA ( CUPULA FLOTANTE )

Se iniciará esta memoria de cálculo indicando los requisitos que requiere un diseño de este tipo de cúpulas para tanques de almacenamiento de petróleo.

Con el fin de obtener la mayor seguridad y durabilidad de la instalación diseñada.

### Materiales:

Se utilizarán materiales enlistados en la Tabla No. 4 de la sección de diseño del fondo y envolvente.

### Placas del techo:

Todas las placas del techo flotante, tendrán un espesor nominal mínimo de 4.8 mm (3/16 pulg. )

Las placas del techo flotante deberán unirse con soldadura continua de filete completo sobre la parte superior.

Por la parte inferior del fondo del techo donde se pueda antici-

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

En servicio corrosivo tal como petróleo crudo amargo ( concentración alta de sulfhídrico ), es recomendable que los techos sean de tipo de contacto diseñado de tal manera de no permitir la existencia de mezcla aire-va por abajo del techo flotante.

Cuando se almacena petróleo crudo en este tipo de tanques, es recomendable cambiar las soldaduras de filete de 51 mm a cada 254 mm por un filete continuo como por la parte superior de la cúpula con el fin de evitar infiltraciones de vapor de agua y sulfhídrico en los espacios del filete que no es aplicada la soldadura.

La pendiente en la cubierta superior de los techos de doble cubierta superior de los techos de doble cubierta y de secciones de pontones que se diseñen con pendiente permanente para drenajes, será como mínimo de 1.6% ( 3/16 pulg. en 12 pulg. )

### Volumen del pontón:

El volumen mínimo del pontón de un techo flotante con cubierta -- sencilla será el suficiente para mantener flotando el techo sobre un líquido cuya densidad relativa sea de 0.7 cuando dos de sus -- compartimientos y la cubierta estén perforados.

No deberá considerarse ninguna carga viva en los requisitos de diseño anteriores por cualquier tipo de techo, aún cuando se considere que el drenaje principal del techo no funcione; además deberá considerarse que en cualquier tipo de techo con su drenaje -- principal sin funcionar, el techo deberá de contener 254 mm ( 10-pulg. ) de agua de lluvia en un período de 24 Hrs. sobre el área total del techo sin hundirse ( sin ningún compartimiento o cubierta perforada ).

El techo puede diseñarse para soportar la lluvia total de 24 horas o diseñarse drenajes de emergencia que limiten la carga sobre el techo a un volumen inferior que pueda soportar el techo dentro de los límites de seguridad, dichos drenajes de emergencia no deberán permitir que el producto fluya hacia la parte superior del techo.

#### Abertura en los pontones:

Cada compartimiento deberá suministrarse con un registro de hombre con tapa a prueba de agua.

Las tapas de los registros deberán suministrarse con aditamentos de fijación u otros medios que prevenga que se levanten con el viento.

La parte superior del cuello de los registros, estará a una altura que evite la entrada de agua a los compartimientos bajo las condiciones establecidas en el volumen del pontón.

Así mismo, cada compartimiento deberá soldarse con un filete sencillo en todo el perímetro para mantener independiente cada uno de los compartimientos.

#### Escaleras:

El techo flotante deberá suministrarse con una escalera que se ajuste automáticamente a cualquier posición del techo de manera que siempre se tenga acceso al mismo.

Si se suministra una escalera deslizante, ésta deberá tener un pasamanos en ambos lados y a todo lo largo de la misma, diseñándose para una carga de 455 Kgs. ( 1000 lbs. ) colocado en el centro de la escalera y para cualquier posición de la misma.

#### Drenaje del techo:

El drenaje principal, podrá ser por medio de manguera flexible, tubería con juntas giratorias o del tipo sifón.

Se deberá suministrar con una válvula de retención ( check ) en el extremo del drenaje cerca del techo para prevenir un contraflujo del líquido almacenado en caso de fugas.

Deberán tomarse las precauciones necesarias para evitar que la manguera se enrolle o perfore debajo de las patas de la cubierta.

Las juntas giratorias de la tubería de drenaje, deberán empacarse para evitar fugas.

La instalación de cualquier tipo de drenaje implicará la instalación de los accesorios necesarios en la envolvente del tanque para su operación y si es necesario para su reemplazo. El tamaño

mínimo de la tubería o manguera deberá ser equivalente en capacidad a un drenaje de 76 mm ( 3 pulg. ) para techos hasta 36.576 m ( 120 pies ) de diámetro y 102 mm ( 4 pulg ) para techos mayores de 36.576 mts. ( 120 pies ) de diámetro.

#### Venteos:

Se deberán suministrar los venteos necesarios para evitar el sobre esfuerzo de las cubiertas o las membranas del sello del techo. El proveedor especificará los regímenes de extracción para que puedan dimensionarse los venteos por vacío. Estos venteos, válvulas de extracción u otros medios apropiados deberán ser del tamaño apropiado para extraer el aire y gases de la parte inferior del techo flotante durante el llenado inicial.

#### Elementos de soporte:

El techo flotante deberá suministrarse con elementos de soporte fabricados con tubo ( A-53 Gr B ) deberán ranurarse en el fondo para permitir su drenado. La longitud de los elementos de soporte deberán ser ajustables desde la parte superior del techo, asimismo el proveedor indicará los niveles de operación y limpieza.

para ajustar los orificios donde serán colocados los pernos en éstos elementos.

El diseñador deberá asegurarse que todos los dispositivos del tanque tales como: agitadores, calentadores, tubería y boquillas de llenado trabajarán libremente cuando el techo esté en su posición más baja.

Los elementos de soporte y sus uniones, deberán diseñarse para soportar el techo además de una carga viva uniforme de por lo menos  $125 \text{ Kg/cm}^2$  ( 25 lbs/pies<sup>2</sup> )

Deberá darse atención especial a la unión de los elementos de soporte en techos de cubierta sencilla con el objeto de prevenir fallas en las puntas de fijación.

Deberán usarse parches de acero u otro medio para distribuir la carga de los elementos de soporte sobre el fondo del tanque.

Cuando se unen estos parches, deberán fijarse al fondo por medio de un cordón continuo y hermético de soldadura.

#### Registros de hombre en el techo:

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

#### Dispositivos para centrar y evitar la rotación del techo:

Se deberán suministrar los dispositivos necesarios para mantener el techo en una posición centrada y prevenir su rotación. Estos dispositivos deberán ser capaces de soportar las cargas laterales ocasionadas por la escalera del techo, cargas por nieve o cargas por vientos, etc.

#### Sellos:

El espacio entre la periferia exterior del techo y la envolvente del tanque, debe sellarse por medio de algún dispositivo flexible que suministre un cierre apropiado ajustado a la superficie de la envolvente.

Dispositivos de medición:

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

## 2.10 PRINCIPIOS BASICOS EN EL DISEÑO DE UNA CUPULA FLOTANTE.

Antes de iniciar el desarrollo de cálculo de la cúpula flotante, se mencionarán los principios en los cuáles se basan para el diseño de éstos accesorios.

### Flotación de cuerpos sumergidos.

El peso de un cuerpo sumergido en un líquido, aparentemente disminuye en una cantidad igual al peso del líquido desplazado, ésta pérdida aparente de peso se debe al esfuerzo de flotación del líquido.

Si el cuerpo está flotando en la superficie con sólo una porción sumergida la ley todavía es válida, como la consideración de las presiones verticales sobre un prisma elemental. En cualquier caso se pueden considerar dos fuerzas actuando sobre el cuerpo. El peso del cuerpo y la fuerza de flotación del líquido.

El peso actúa a través del centro de gravedad del cuerpo, mientras que la fuerza de flotación actúa a través del centro de gravedad del volumen del líquido desplazado.

Si consideramos nuevamente un prisma elemental, tendremos que la fuerza de flotación resultante hacia arriba actuando sobre el prisma es proporcional a el volumen del prisma considerado. La suma final de éstas dos resultantes elementales, deben actuar a través del centro de gravedad del volumen total y a este punto se llamará centro de flotación (c). ( Ver Fig. F ).

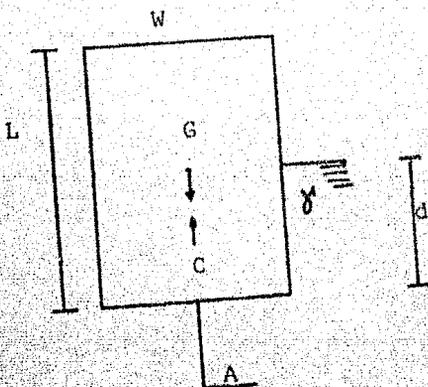


FIGURA " F "  
PRISMA ELEMENTAL

$d$  = ALTURA DE FLOTACION ( Cms. )

$G$  = CENTRO DE GRAVEDAD

$C$  = CENTRO DE FLOTACION

$W$  = PESO DEL CUERPO ( Kgs. )

$A$  = AREA DE LA BASE DEL CUERPO (  $M^2$  )

$\gamma$  = PESO ESPECIFICO DEL LIQUIDO (  $KG/M^3$  )

### Altura de flotación.

Para determinar la altura de flotación a la que un cuerpo flotante se sumergirá en un líquido, es necesario sólo recordar que el peso del líquido desplazado es igual al del cuerpo.

Un conocimiento de la forma y dimensiones de las porciones del cuerpo bajo el líquido hace posible la expresión del volumen desplazado en términos de la altura o profundidad y el producto de este volumen por el peso específico es igual al peso del cuerpo:

$$W = \gamma V \dots\dots\dots (3)$$

DONDE:  $W$  = PESO DEL CUERPO EN ( KGS. )

$\gamma$  = PESO ESPECIFICO DEL LIQUIDO ( KG/M<sup>3</sup> )

$V$  = VOLUMEN DESALOJADO ( M<sup>3</sup> )

El caso más simple de un cuerpo flotante, es el que tenga la forma de un prisma recto flotante con su base horizontal y sus lados verticales.

Un prisma rectangular como una caja o un pontón, tiene una área de base horizontal  $A$  y un peso  $W$  y si fuera colocada en un líquido de peso específico  $\gamma$  flotaría con una altura:

$$d = \frac{W}{A\gamma} \dots\dots\dots (4)$$

DONDE: d = ALTURA DE FLOTACION EN CMS.

W = PESO DEL CUERPO FLOTANTE

A = AREA DE LA BASE HORIZONTAL DEL CUERPO.

$\gamma$  = PESO ESPECIFICO DEL LIQUIDO  
( KG/M<sup>3</sup> )

Condiciones básicas para el diseño de una cúpula flotante.

Antes de enunciar los requerimientos, nombraremos las partes que conforman una cúpula flotante.

PONTON.- Es la parte principal de la cúpula, ya que ésta es la pieza que la mantiene en flotación.

DIAPRAGMA.- Es la parte complementaria del pontón para formar la cúpula flotante. ( Ver Fig. " G " )

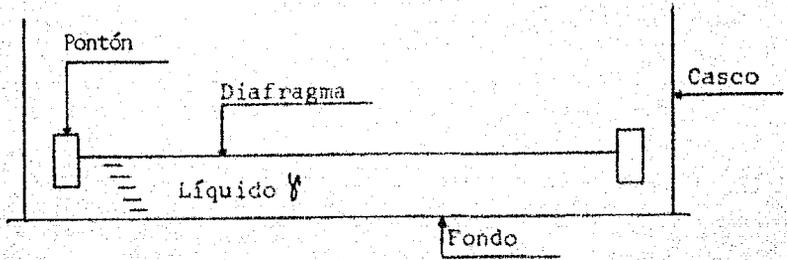


FIGURA " G "  
PONTON Y DIAFRAGMA

Posteriormente se determinará el volumen mínimo que tendrá el pontón para mantener a flote la cúpula.

El techo flotante será con cubierta sencilla y flotará en un líquido cuya densidad relativa sea de 0.7 (  $700 \text{ Kg/m}^3$  ).

La cúpula deberá flotar cuando:

- Dos compartimientos y el diafragma están perforados.
- El diafragma deberá contener 254 mm ( 10" de agua de lluvia en un período de 24 horas sobre el área total del techo -- sin hundirse ( sin ningún compartimiento o cubierta perforada ).

Espesor de placa para fabricación de pontón.

- a) El espesor para la envolvente interior será como mínimo de 13 mm para cualquier tamaño de cúpula.
- b) El espesor de las partes restantes del pontón será como mínimo 1.5 veces el espesor del diafragma ( 5 mm ).

NOTA: Estos espesores han sido obtenidos de la experiencia en campo.

Dimensiones del pontón y diafragma.

El volumen mínimo del pontón se calculará en base al peso total de la cúpula.

El radio del diafragma será de 41.425 mts. más o menos 0.5 Mts. - esta distancia es determinada del radio interior del tanque menos la base del pontón y menos la distancia necesaria del sello tubular. Esto es aplicable para tanques de diferentes diámetros.

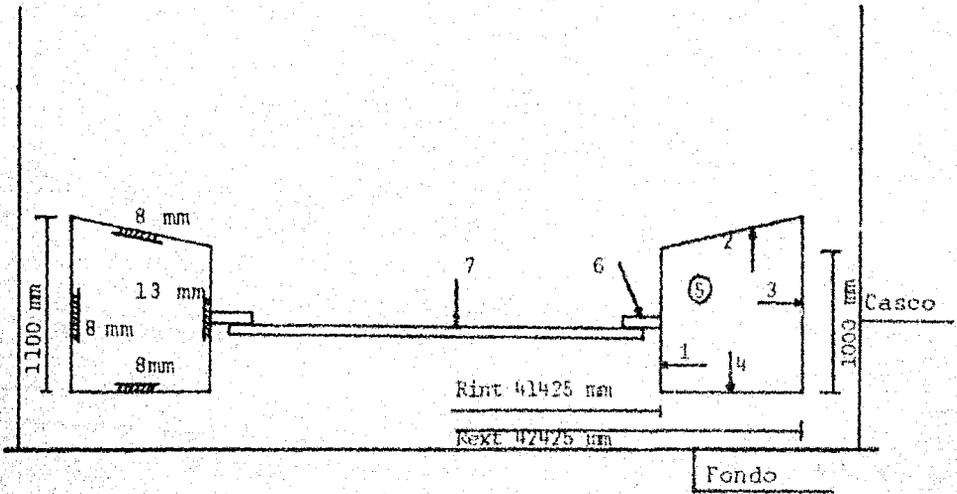


FIGURA " H "

## SECCION DE DISEÑO PARA PONTON Y DIAFRAGMA

- PIEZA No. 1.- ENVOLVENTE INTERIOR DE PONTON.
- PIEZA No. 2.- TAPA DEL PONTON.
- PIEZA No. 3.- ENVOLVENTE EXTERIOR DEL PONTON.
- PIEZA No. 4.- BASE DEL PONTON.
- PIEZA No. 5.- PLACA DE COMPARTIMIENTO
- PIEZA No. 6.- SOLERA DE FIJACION DE DIAFRAGMA.
- PIEZA No. 7.- DIAFRAGMA

Cálculo de peso del pontón y diafragma.

De la figura " H " las piezas marcadas con los Nos. del 1 al 7, así como las dimensiones mostradas calcularemos el peso total -- del pontón y el diafragma que conforman la cúpula.

Cálculo de áreas de las piezas del pontón:

$$A_1 = ( 41.425^2 ) (1.0) = 250.281 \text{ m}^2$$

$$A_2 = ( 42.425^2 - 41.425^2 ) = 263.423 \text{ m}^2$$

$$A_3 = ( 42.425^2 ) (1.1) = 293.221 \text{ m}^2$$

$$A_4 = ( 42.425^2 - 41.425^2 ) = 263.423 \text{ m}^2$$

Peso de materiales:

$$\text{PLACA } 8 \text{ mm} = 62.2 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{PLACA } 13 \text{ mm} = 99.52 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{PESO DE PLACA No. 1} = 260.281 (99.52) = \underline{25.903 \text{ TON}}$$

$$\text{PESO DE PLACA No. 2} = 263.423 (62.20) = \underline{16.385 \text{ TON}}$$

$$\text{PESO DE PLACA No. 3} = 293.221 (62.20) = \underline{18.238 \text{ TON}}$$

$$\text{PESO DE PLACA No. 4} = 263.423 (62.20) = \underline{16.385 \text{ TON}}$$

$$79.911 \text{ TON}$$

### Placas de compartimientos:

Estas placas son utilizadas para dividir el pontón en varias secciones con el fin de que si resulta alguna fuga o avería en el pontón éste no se inunde totalmente. Ya que al tener estas divisiones, la falla originaría que se inundara un solo compartimiento.

La otra razón de estas placas de compartimiento, es el de darle una mayor rigidez al pontón, ya que éstas placas actúan como cerros de refuerzo.

El número de compartimientos varía en función del tamaño del pontón.

$$A_5 = (1.0 \times 1.0) + \frac{(0.1 \times 1)}{2} = 1.050 \text{ m}^2 \quad (\text{PLACAS DE COMPARTIMIENTO})$$

$$\text{PESO DE PLACA No. 5} = 1.05 (56) (62.2) = 3.657 \text{ TON.}$$

PESO DE REGISTROS DE HOMBRE EN PONTÓN, SOPORTES, DIQUE DE CONTENCIÓN DE ESPUMA, VENTILAS AUTOMÁTICAS Y TUBO-SELLO:

39.554 TON.

PESO TOTAL DEL PONTON :

$$25.903 + 16.385 + 18.238 + 16.385 + 3.657 + 39.554 = 120.122 \text{ TON}$$

PESO DEL DIAFRAGMA : 205.383 TON.

CALCULO DE LA ALTURA DE FLOTACION DEL PONTON PROPUESTO:

Substituyendo valores en la fórmula No. 2 obtenemos:

$$d = \frac{W}{AV} = \frac{120,122 \text{ Kgs.}}{263.423 \text{ m}^2 * 700 \text{ Kg/m}^3} = \underline{0.0.652 \text{ Mts.}}$$

## 2.11 CALCULO DE FLOTABILIDAD PARA EL PONTON PROPUESTO.

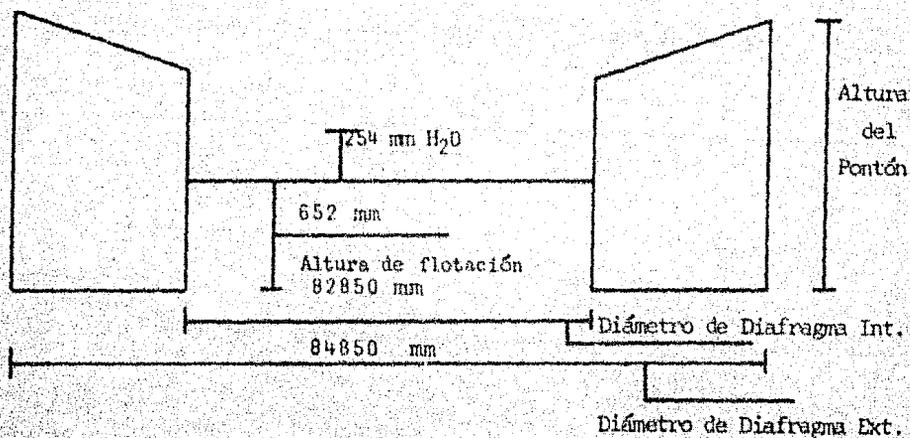


FIGURA " I "  
PONTÓN Y DIAFRAGMA

Suponiendo que el techo se inhunda con 254 mm. de agua de lluvia, calcularemos el peso que aumentara la cúpula.

$$\begin{aligned} \text{AREA DEL DIAFRAGMA} &= 5391.07 \text{ m}^2 \\ \text{VOLUMEN DE AGUA} &= 5391.07 (0.254) = 1370 \text{ m}^3 \\ \text{PESO DEL AGUA} &= 1000 (1370) = 1370 \text{ TON.} \end{aligned}$$

Peso total del techo inundado:

$$\begin{aligned} \text{PONTON} &= 120.296 \text{ TON.} \\ \text{DIAFRAGMA} &= 205.383 \text{ TON.} \\ \text{AGUA} &= \underline{1370.000 \text{ TON.}} \\ \text{TOTAL} &= 1695.679 \text{ TON.} \end{aligned}$$

Condiciones normales de operación con 0.254 Mts. de agua sobre -  
el techo ( es decir que el techo este sin averias ).

1.- Diámetro del diafragma exterior = 84.850 Mts.

$$h = 1.1 \text{ Mts.}$$

$$A_1 = \frac{(84.850^2)}{4} = 5654.5 \text{ M}^2$$

$$V_1 = 5654.5 (1.1) = \underline{6220.0 \text{ M}^3}$$

2.- Diámetro del diafragma inferior = 82.850 Mts.

$$h_2 = 0.652 \text{ Mts.}$$

$$A_2 = \frac{(82.850^2)}{4} = 5391.07 \text{ M}^2$$

$$V_2 = 5391.07 (0.652) = 3514.07 \text{ M}^3$$

La diferencia del  $V_1$  menos el  $V_2$ , se tiene el volumen de desplazamiento originado por la cúpula:

$$V = V_1 - V_2 = 6220.0 - 3514.97 = 2705.03 \text{ M}^3$$

Cálculo del peso desalojado por la cúpula.

$$P_v = \gamma V \dots \dots \dots (5)$$

DONDE:  $P_v$  = PESO DESALOJADO EN KGS.

$\gamma$  = PESO ESPECIFICO DEL FLUIDO.

$V$  = VOLUMEN DE DESPLAZAMIENTO.

Substituyendo valores en (5) se tiene que:

$$P_v = 0.7 \frac{\text{TON}}{\text{M}^3} (2705.03 \text{ M}^3) = \underline{1893.521 \text{ TONS.}}$$

Si el peso total ( Pt ) de la cúpula con agua es 1695.679 TN., obtenemos finalmente que el peso desalojado por la cúpula o empuje es mayor que el peso total de la cúpula inmundada, por lo tanto la cúpula no se hunde con estas condiciones de operación.

Cabe hacer mención que el empuje fue calculado con un fluido cuya densidad relativa es de 0.7 pero en condiciones de operación real el fluido a utilizar será de 0.8 teniendo con ésto un mayor empuje.

Podemos calcular también el peso adicional necesario para que la cúpula se hunda.

$$W_n = P_v - P_t \dots\dots\dots (6)$$

DONDE:  $W_n$  = PESO NECESARIO PARA HUNDIRSE KGS.

$P_v$  = EMPUJE O PESO DESALOJADO. KGS.

$P_t$  = PESO TOTAL DEL TECHOKGS.

Substituyendo valores en la ecuación anterior, tenemos que:

$$W_n = 1893.521 - 1695.679 = \underline{197.842 \text{ TONS.}}$$

$$W_n = 197.842 \text{ TON.}$$

$$W_n = A (\gamma_{\text{AGUA}}) h$$

$$h = \frac{W_n}{A \gamma} = \frac{197842 \text{ KGS.}}{5391.07 \text{ M}^2 (1000 \text{ KG/M}^3)} = \underline{0.036 \text{ MTS.}}$$

De los valores antes obtenidos, observaremos que después de haber acumulado 0.254 Mts. de agua en la parte superior del diafragma, observamos que el techo se mantiene a flote, pero con este diseño resistirá únicamente 40 mm. columna de agua para que el techo comience a hundirse por lo que resulta poco confiable el volumen -- considerado en esta proposición.

La cúpula no se hunde, pero operaría con un margen muy pequeño de seguridad.

Cálculo de volumen mínimo del pontón:

$$\text{Peso de la cúpula} = 325.679 \text{ TON.}$$

$$\text{Peso específico} = 0.700 \text{ TON/M}^3$$

$$\text{Volumen Mínimo} = \frac{325.679}{0.7} = \underline{465.25 \text{ M}^3}$$

Volumen del pontón propuesto :

$$\text{Volumen} = 263.423 (1) + (263.423 * [0.1/2]) = \underline{276.594 \text{ M}^3}$$

De los volúmenes obtenidos vemos que el volumen mínimo requerido,

es mayor que el volumen del pontón propuesto por lo que representaría un riesgo operar con un diseño como el propuesto. Para complementar el volumen requerido, se hace necesario la colocación de accesorios llamados boyas.

Las boyas son depósitos adicionales que aumentarían el volumen mínimo requerido, a su vez estas boyas sirven como refuerzo al diafragma y como base para la colocación de los soportes de la cúpula.

## 2.12 CALCULO DE FLOTABILIDAD DE LA CUPULA FLOTANTE

Peso de la cúpula.

DIAFRAGMA	:	206.044 TONS.	
PONTON	:	126.963 TONS.	
ACCESORIOS	:	28.631 TONS.	
TOTAL	:	361.638 TONS.	$\approx$ 362 TONS.

$$\text{DIAMETRO DEL DIAFRAGMA} = 82.918 \text{ MTS.}$$

$$\text{DIAMETRO DE LAS BOYAS} = 2.210 \text{ MTS.}$$

$$\text{AREA DEL DIAFRAGMA (AD)} = \frac{\pi (82.918^2)}{4} = 5400 \text{ M}^2$$

$$\text{AREA DE BOYAS (AB)} = \frac{\pi (2.210^2)}{4} (109) = 418.12 \text{ M}^2$$

$$\text{AREA EFECTIVA (AE)} = \text{AD} - \text{AB} = 5400 - 418.12 = 4982 \text{ M}^2$$

$$\text{Volumen de agua en } 0.254 \text{ Mts. Col. de H}_2\text{O} = \text{AE} \cdot h = 4982(0.254) = 1265 \text{ M}^3$$

$$\text{PESO DEL AGUA} = 1000 (1265) = 1265 \text{ TONS.}$$

Cálculo de flotabilidad

$$\text{Peso del techo} + \text{peso del agua} = \text{Peso total del techo.}$$

$$362 \text{ Ton.} + 1265 \text{ Ton.} = 1627 \text{ Tons.}$$

( Peso del aire en boyas y pontón se considera despreciable para el cálculo ).

Diámetro del diafragma exterior = 84.849 MTS.

h = 1.143 MTS. (ALTURA EXTERIOR DEL PONTON )

$$V_1 = \frac{\pi ( 84.849^2 )}{4} ( 1.143 ) = 6462.93 \text{ M}^3$$

Diámetro del diafragma interior = 82.918 MTS.

h 2 = 0.486 MTS. (ALTURA DE FLOTACION ).

$$V_2 = \frac{\pi ( 82.918^2 )}{4} ( 0.486 ) = 2624.40 \text{ M}^3$$

La diferencia entre  $V_1$  y  $V_2$  será el volumen del líquido desplazado por la cúpula.

$$V = V_1 - V_2 = 6462.93 \text{ M}^3 - 2624.40 \text{ M}^3 = 3838.53 \text{ M}^3$$

Por lo tanto el volumen peso desalojado o empuje será:

$$PV = \rho V = 0.7 \text{ TON/M}^3 ( 3838.53 \text{ M}^3 ) = 2686.97 \text{ TONS.}$$

Si el peso total de la cúpula inhumada con agua = 1627 Tons.  
y el empuje es de 2686.71 Ton.

Concluimos que la cúpula se mantiene a flote perfectamente.

Cálculo de peso adicional para lograr hundir la cúpula.

$$W_n = P_v - W_t$$

$$W_n = 2686.97 - 1627.00 = \underline{1059.97 \text{ TONS.}}$$

Cálculo de columna de agua necesaria para hundir el techo.

$$W_n = 1059.97 \text{ TONS.}$$

$$W_n = A E \rho_{\text{AGUA}} h$$

$$h = \frac{1059.97}{4982} = \underline{0.213 \text{ MTS.}}$$

$$4982 (1)$$

Cálculo para cuando el diafragma sea perforado y se inhunde con el fluido almacenado.

Cuando el diafragma sea perforado, el volumen que se desplazará -

será el de las boyas y el pontón.

$$\text{Volumen del pontón} = 251.64 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen de boyas} = 372.17 \text{ M}^3$$

$$\text{Volumen total} = 251.64 + 372.17 = 623.81 \text{ M}^3$$

$$\text{Peso del volumen desalojado ( P<sub>v</sub> )} = \gamma ( V_t ) = 0.7 ( 623.81 ) =$$

$$436.67 \text{ TONS.}$$

$$\text{Peso de la cúpula} = 362.000 \text{ Tons.}$$

$$W_n = 436.67 - 362.00 = 74.670 \text{ Tons.}$$

$$W_n = \gamma AE h$$

$$h = \frac{74.670}{4982(0.7)} = 0.021 \text{ MTS.}$$

Esto es que se requerirían 2.1 cms. columna del fluido cuya densidad relativa es de 0.7 para hundir la cúpula. Si se encuentra -- perforado el diafragma.

Cálculo de boyas y compartimientos que se necesitarían in hundarse para que el techo se hunda.

$$\text{Peso techo} = 362 \text{ Tons.}$$

$$\text{Peso del volumen desalojado} = 74.670 \text{ Tons.}$$

$$\text{Volumen desalojado} = \frac{74.670 \text{ Tons.}}{0.7} = 106.67 \text{ M}^3$$

$$\text{No. DE COMPARTIMIENTOS DE PONTON} = \frac{\text{VOLUMEN DESA.}}{\text{VOLUMEN COMP.}} = \frac{106.67}{4.5} =$$

37.86 COMPARTIMIENTOS.

$$\text{NO. DE BOYAS} = \frac{\text{VOLUMEN DESALOJADO}}{\text{VOLUMEN DE BOYA}} = \frac{106.67}{3.42} = 31.2 \text{ BOYAS}$$

NOTA: Ver "conclusiones de los cálculos de flotabilidad de una cúpula flotante " en el capítulo V.

## 2.13 CONEXIONES Y ACCESORIOS PARA TANQUES:

Las conexiones y accesorios empleados para la operación del tanque se pueden clasificar de acuerdo a su localización:

FONDO: Sumideros con drenaje:

Consta de un depósito colocado en un nivel inferior del fondo, - que recogerá los residuos más pesados y que se acumularán en este depósito, para posteriormente llevarlos al exterior por medio del drenaje.

ENVOLVENTE :

- \* Brida para entrada de producto.
- \* Brida para salida de producto.
- \* Brida para drenaje aceitoso.
- \* Brida para drenaje pluvial.
- \* Brida para trasmisor de nivel.
- \* Brida para entrada de vapor a calentadores.
- \* Brida para salida de condensado de calentadores.
- \* Brida para indicador de temperatura.
- \* Brida para cámaras de espuma

### 2.13 CONEXIONES Y ACCESORIOS PARA TANQUES:

Las conexiones y accesorios empleados para la operación del tanque se pueden clasificar de acuerdo a su localización:

FONDO: Sumideros con drenaje:

Consta de un depósito colocado en un nivel inferior del fondo, - que recogerá los residuos más pesados y que se acumularán en este depósito, para posteriormente llevarlos al exterior por medio del drenaje.

ENVOLVENTE :

- \* Brida para entrada de producto.
- \* Brida para salida de producto.
- \* Brida para drenaje aceitoso.
- \* Brida para drenaje pluvial.
- \* Brida para transmisor de nivel.
- \* Brida para entrada de vapor a calentadores.
- \* Brida para salida de condensado de calentadores.
- \* Brida para indicador de temperatura.
- \* Brida para cámaras de espuma

- \* Brida para entrada sub-superficial de espuma.
- \* Registro de hombre
- \* Puerta de limpieza

Cúpula :

- \* Venteo automático
- \* Venteo manual
- \* Registro de hombre
- \* Registro de muestreo.

Estos son los accesorios que se utilizarán para la operación del tanque, cantidad y localización de los accesorios, es determinado por el cliente dependiendo de las condiciones requeridas en base a la operación del equipo.

Requerimientos básicos para la selección de accesorios:

Las condiciones de operación de estos tanques más importante es en base que operará a presión atmosférica por lo que todos los accesorios y conexiones serán determinados con  $10.5 \text{ Kg/cm}^2$  ( 150 -- lbs/pulg<sup>2</sup> ) que es la presión máxima de operación de accesorios --

con clasificación I.

La presión máxima de operación en el tanque es de  $1.463 \text{ Kg/cm}^2$  --  
(  $20.8 \text{ lbs/pulg}^2$  ) es eficiente el rango de presión de  $10.5$  - - -  
 $\text{Kg/cm}^2$  (  $150 \text{ lbs/pulg}^2$  ).

Los cuellos para registro de hombre y boquillas, las placas de re-  
fuerzo y las aberturas en la envolvente, deberán tener superfi- -  
cies uniformes y lisas con las esquinas redondeadas, excepto don-  
de esas superficies se cubran totalmente con las soldaduras de fi-  
jación.

El perímetro de las placas de refuerzo cuando se usen, deberán te-  
ner una transición cónica de 1:4 hasta el espesor de las placas -  
adyacentes a la envolvente.

Las placas de refuerzo de las boquillas, registro de hombre, - -  
puertas de limpieza, deberán llevar un agujero de aviso o testigo  
de  $6 \text{ mm}$  (  $\frac{1}{4}''$  ) de diámetro localizado sobre el eje horizontal y -  
abierto a la atmósfera.

Se permitirán aberturas sin reforzar hasta  $51 \text{ mm}$  (  $2''$  ) de diáme-  
tro nominal de tubo.

A continuación se muestran figuras y tablas referentes a dimensiones de accesorios empleados en la construcción de tanques atmosféricos.

TABLA No. 7

REGISTRO HOMBRE DE 610 MM ( 24" ) EN LA ENVOLVENTE

DIMENSIONES EN MM. ( PULG. ) .

ESPESOR DE LA ENVOLVENTE Y PLACA DE RE-FUERZO DE LA BRIDA. (t y T)	TAMAÑO DE LA SOLDADURA DE FILETE		RADIO APROX. (R)	PLACA DE REFUERZO DE LA BRIDA.		MARCO FABRICADO USANDO DIAM. CTE.	
	SOLDADURA "A"	SOLDADURA "B"		LONGITUD (L)	ANCHO (W)	DIAM. INT. DEL MARCO DEL REGISTRO ID <sub>R</sub>	DIAM. MAX. DEL AGUJERO EN LA ENVOLVENTE. DH <sub>P</sub>
15.9 (5/8)	6.3 (1/4)	15.9 (5/8")	19.5 (5/8)	1340 (52 3/4)	1594(62 3/4)	654 (25 3/4)	743 (29 1/2)
22.2 (7/8)	9.5 (3/8)	22.2 (7/8")	22.2 (7/8)	1340 (52 3/4)	1568(61 3/4)	641 (25 1/4)	756 (29 3/4)
25.4 (1 )	11.1 (7/16)	25.4 (1" )	25.4 ( 1 )	1340 (52 3/4)	1581 (62 1/2)	635 ( 25 )	763 ( 30 )
31.7 (1 1/4)	12.7 (1/2)	31.7 (1 1/4 )	25.4 ( 1 )	1353 (53 1/4)	1594(62 3/4)	623 ( 24 1/2)	775 (30 1/2)
38.1 (1 1/2)	17.5(11/16)	38.1 (1 1/2 )	25.4 ( 1 )	1365 (53 3/4)	1606(63 1/4)	610 ( 24 )	787 ( 31 )

( D<sub>B</sub> ) DIAMETRO DE LA CIRCUNFERENCIA DE TORNILLOS 769 MM ( 30 1/4" )

( D<sub>C</sub> ) DIAMETRO DE LA TAPA DEL REGISTRO 832 MM. ( 32 3/4 " )

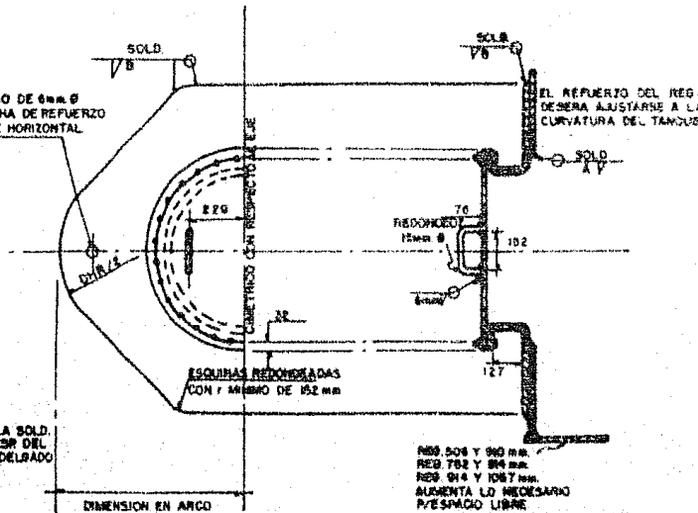
( VER FIGURA NO. 8 )

TABLA No. 8

ESPEORES DE LAS TAPAS Y BRIDAS DE LOS REGISTROS DE HOMBRE  
 EN LA ENVOLVENTE ( DIMENSIONES EN MM ( PULG. ) ).

ALTURA MAX. DEL TANQUE M ( PIES )	PRESION EQUIVALENTE KG/CM <sup>2</sup> LBS/PULG <sup>2</sup> )	ESP. MIN. DE LA TAPA DIAMETRO NOMINAL DEL REGISTRO 610 ( 24 )	ESPESOR MINIMO DE LA BRIDA. DIAMETRO NOMINAL DEL REGISTRO 610 ( 24 )
6.40 ( 21 )	0.64 ( 9.1 )	9.5 ( 3/8 )	6.3 ( 1/4 )
8.23 ( 27 )	0.82 ( 11.7 )	11.1 ( 7/16 )	7.9 ( 5/16 )
9.75 ( 32 )	0.98 ( 13.9 )	11.1 ( 7/16 )	7.9 ( 5/16 )
12.19 ( 40 )	1.22 ( 17.4 )	12.7 ( 1/2 )	9.5 ( 3/8 )
13.72 ( 45 )	1.37 ( 19.5 )	14.3 ( 9/16 )	11.1 ( 7/16 )
16.46 ( 54 )	1.65 ( 23.4 )	14.3 ( 9/16 )	11.1 ( 7/16 )
19.81 ( 65 )	1.99 ( 28.2 )	16.9 ( 5/8 )	12.7 ( 1/2 )
22.86 ( 75 )	2.29 ( 32.5 )	17.5 ( 11/16 )	14.3 ( 9/16 )

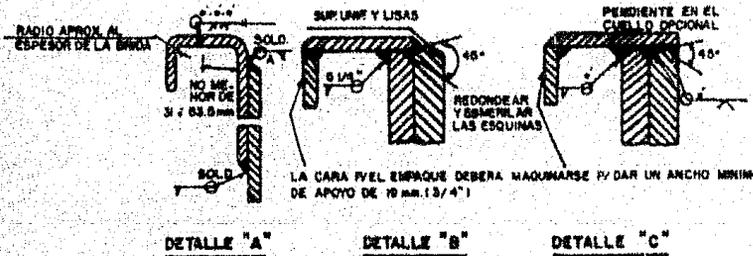
AGUJ. DE AM50 DE 6mm Ø  
EN LA PLANCHA DE REFUERZO  
SOBRE EL EJE HORIZONTAL



EL TAMAÑO DE LA SOLD.  
SERÁ IGUAL AL ESP. DEL  
ELEMENTO MÁS DELGADO  
EN LA UNIÓN

**NOTAS:**

1. PARA REG. HOMBRE DE 508 Y 940mm Ø 28 TORNILLOS DE 19 mm Ø EN AGUJ. DE 22 mm Ø.  
PARA REG. HOMBRE DE 782 Y 914 mm Ø 42 TORNILLOS DE 19 mm Ø EN AGUJ. DE 22 mm Ø.  
LOS AGUJ. PARA TORNILLOS QUEDARÁN ALTERNADOS CON RESPECTO A LOS EJES DE LAS UNIDAS.
2. EL MATERIAL DEL EMPAQUE SERÁ HOJA DE ASBESTO DE FIBRA LARSA, A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRA COSA.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN	
L. G. BANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ Q.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 8	REGISTRO DE HOMBRE EN ENVOLVENTE.
ACOT.	
FECHA:	

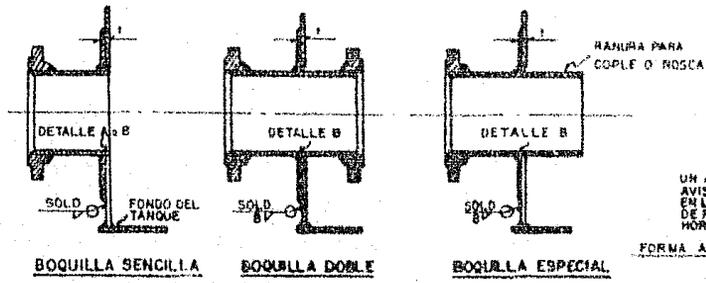
TABLA No. 9

## BOQUILLAS EN LA ENVOLVENTE

Dimensiones en mm. (Pulg.)

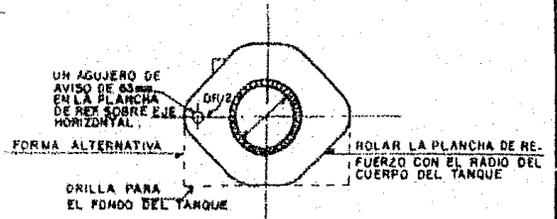
TAMAÑO DE LA BOQUILLA.	DIAM. EXT. DEL TUBO	ESPESOR MIN. DE PARED DE BRIDA (n)	DIAM. DEL AGUJERO EN LA PLACA DE REFUERZO (D <sub>R</sub> )	ALTURA DE LA PLACA DE REFUERZO (L)	ANCHO DE LA PLACA DE REFUERZO (W)	DIST. MIN. DE LA ENVOLVENTE A LA CARA DE LA BRIDA.	DIST. MIN. DEL FONDO DEL TANQUE AL CENTRO DE LA BOQUILLA.
609 (24)	609 (24)	12.7 (0.5)	613 (24 1/8)	1257 (49 1/2)	1524 (60)	305 (12)	711 (28)
508 (20)	508 (20)	12.7 (0.5)	511 (20 1/8)	1054 (41 1/2)	1283(50 1/2)	279 (11)	610 (24)
406 (16)	406 (16)	12.7 (0.5)	410 (16 1/8)	851 (33 1/2)	1035(40 3/4)	254 (10)	508 (20)
304 (12)	324 (12 3/4)	12.7 (0.5)	327 (12 7/8)	586 (27 )	838 (32)	229 ( 9)	432 (17)
254 (10)	273 (10 3/4)	12.7 (0.5)	276 (10 7/8)	584 (23 )	718(28 1/2)	229 ( 9)	381 (15)
203 (8 )	219 ( 8 5/8)	12.7 (0.5)	222 ( 8 3/4)	483 (19 )	591(23 1/2)	203 ( 8)	330 (13)
152 (6 )	168 ( 6 5/8)	10.97(0.432)	171 ( 6 3/4)	400(15 3/4)	495(19 3/4)	203 ( 8)	279 (11)
101 (4 )	114 ( 4 1/2 )	8.55(0.337)	117 ( 4 5/8)	305 (12 )	387(15 1/2)	178 ( 7)	229 (9 )
76 (3 )	89 ( 3 1/2 )	7.62(0.300)	92 ( 3 5/8)	267 (10 1/2)	343(13 1/2)	178 ( 7)	203 (8 )

( VER FIGURA No. 9 y 10 )

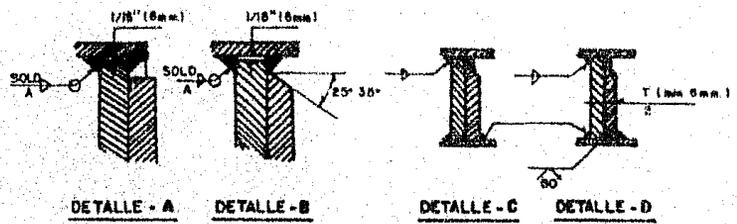


**BOQUILLA SENCILLA**      **BOQUILLA DOBLE**      **BOQUILLA ESPECIAL**

BOQUILLAS BRIDAS DE TIPO NORMAL, 51mm (2") o MAYORES

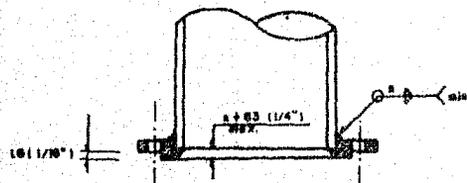


PLANCHA DE REFORZO

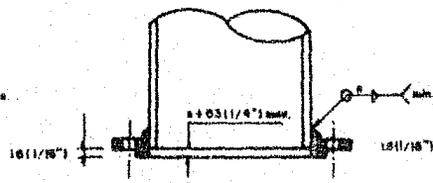


**DETALLE - A**      **DETALLE - B**      **DETALLE - C**      **DETALLE - D**

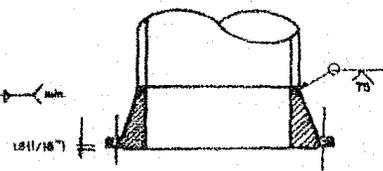
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ Q.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 9	BOQUILLAS EN ENVOLVENTE
ACOT. MM.	
FECHA:	



BRIDA DESLIZABLE PARA  
SOLDAR TIPO ANILLO LISO



BRIDA DESLIZABLE PARA  
SOLDAR TIPO ANILLO CON MARGEN



BRIDA TIPO CUELLO SOLDABLE

Nota: LA "a" UTILIZADA PARA DIMENSION DE LA SOLDADURA  
CORRESPONDE AL ESPESOR MÍNIMO DE PARED DEL TUBO.

ESCUELA DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FN No. 10

ACOT. MM.  
FECHA:

BRIDAS PARA SOQUILLAS  
EN LA ENVOLVENTE

## C A P I T U L O    I I I

## 3.    PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DEL TANQUE

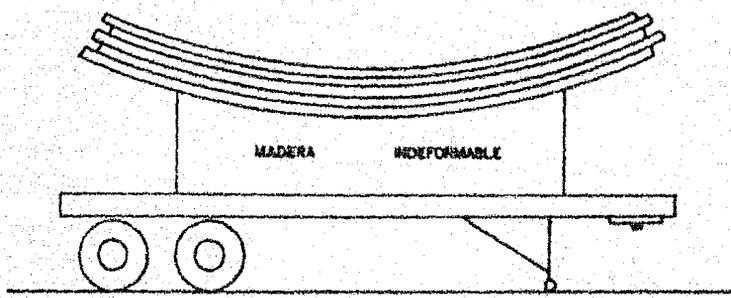
## 3.1 TRANSPORTE, CARGA, DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE PLACAS

- EMBARQUE
- MANEJO
- EQUIPO PARA MANEJO
- EQUIPO PARA TRANSPORTE

MANEJO

El manejo efectuarlo a la misma distancia entre el equipo de carga, de estiba y el de transporte. El manejo de laminas planas para fondo y techo, hacerlo sujetando en los tercios medios del lado largo con grilletes para lámina con mordaza endurecida. Los grilletes se suspenden de un balancín, mediante cables de acero - ( estrobo ) acoplados con grilletes de tornillo; el levantamiento efectuarlo manteniendo el tirón verticalmente.

La colocación de las placas en la plataforma de transporte, deberá hacerse con traslape de 5 cm, en su lado largo, con el fin de facilitar la maniobra de descarga. ( ver fig. 11 ).



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V.	TESIS
J. J. GUTIERREZ O.	PROFESIONAL
FIG. No. II	TRANSPORTACION DE PLACAS PARA TANQUES
ACOT.	
FECHA	

El manejo de láminas roladas para envolvente, deberá hacerse sujetando en los tercios medios largos, con cuatro grilletes para lámina suspendidas en puntas equidistantes del balancín.

La colocación de las láminas en la plataforma de transporte, hacerla sobre moldura de madera indeformable con curvatura igual a la descrita por el radio del tanque; depositarla en la plataforma de transporte con la parte concava opuesta a plataforma, trasladando 5 cm. en el lado largo para facilidad de maniobra en la descarga.

El manejo de la lámina para pontones y boyas, efectuarlo en forma similar al descrito para fondo y techo.

El manejo de traveses de viento ( rigidizantes del cuerpo ), hacerlo en forma similar a la empleada para estructura metálica; se estibarán en plataforma de transporte calzada sobre madera, los lados que por su forma constructiva así lo exijan.

#### Equipo para manejo.

- 1 pza. grua con capacidad de 15 ton.
- Plataformas con tractor equipados con moldura de madera o estructura indeformable con radio similar al descrito por -

la envolvente del tanque.

#### Lote Herramienta

- 1 pza. Balancín de 7 mts. de claro entre apoyos y capacidad de 5 Ton.
- 5 Pzas. grilletes para lámina de 1 ½" (38 mm) de espesor con mordaza endurecida
- 5 pzas. IDEM para lámina de 1" (25 mm) de espesor
- 4 pzas. Barras redondas de acero laminado en caliente con espátula y punta cónica de 1 m de longitud y 38 mm Ø
- 4 pzas. IDEM pero espátula doblada con ángulo de 45°.
- 5 pzas. cinceles de acero laminado en caliente de 25 mm Ø y 200 mm de largo.
- 5 pzas. martillos de bola de 700 gr ( 1.5 lb )
- 10 pzas. grilletes de tornillo de 25 mm Ø
- 2 pzas. IDEM, pero 38 mm Ø
- 6 pzas. Estrobos de cable de acero de 19 mm Ø x 2.200 mm de longitud.
- 3 pzas. IDEM pero de 25 mm Ø x 4,000 mm de longitud.

Esta lista es enunciativa

#### Equipo de transporte

Deberán usarse plataformas de ferrocarril o terrestres descubier-

tas para el acarreo de lámina que cumplan con los reglamentos de tránsito federal vigentes.

Los carros, cajas o góndolas de ferrocarril quedarán descartadas para estos movimientos.

### Descarga

Equipo para descarga:

La descarga efectuarla con un lote de equipo y herramienta similar al empleado para el embarque.

### Almacenamiento

Áreas necesarias

Preparación de las áreas

Clasificación y distribución de materiales

Reporte y llegada de materiales

Conservación de materiales

### Áreas necesarias

El área necesaria para almacenar los materiales de un tanque de 500,000 Bls resulta de 10,000 m<sup>2</sup>

### Preparación de las áreas

Camino de terracería entre estibas con una compactación de 90% - proctor.

El patio de estibas deberá estar adecuado, con una capa de suelo y cementos para evitar crecimiento de zacate o arbusto.

### Clasificación y distribución de materiales

Marcar en un plano la cuadrícula del patio y numerar las cimentaciones para estiba; en el reporte de recepción de materiales, deberá aparecer su localización.

El área preparada y drenada, deberá ser debidamente marcada para recibir el material como sigue:

AREA 1	Placa rolada
AREA 2	Placa plana
AREA 3	Estructura

#### Reporte de llegada de materiales

Anotar en bitácora, la lista del material a su llegada.

Reportar a la superintendencia, la llegada de materiales, acusar recibo del titular o de su representante autorizado.

#### Conservación de materiales

Se dará mantenimiento constante a las calles de acceso.

A los materiales almacenados a intemperie, se les aplicarán de pintura anticorrosiva a la superficie total de la placa superior y a los bordes y biseles de las placas de la estiba.

Se almacenarán bajo techo, los materiales susceptibles de daño por intemperie y extravío, tales como son las cámaras de espuma, tuberías de drenaje, tornillos de acero inoxidable, instrumentación, etc.

### 3.2 RECOMENDACIONES PREVIAS

Juego completo de planos de montaje y fabricación.

Local adecuado para control de humedad y temperatura de soldadura.

La temperatura aplicada a la soldadura, deberá ser de acuerdo con el tipo de electrodo, aplicando las normas de la AWS y/o del fabricante de soldadura.

Calificación de operarios soldadores de acuerdo con la sección IX del código ASME

La responsabilidad completa de la construcción y prueba del tanque, deberá observarla un supervisor técnico capacitado, a tiempo completo.

Emplear para control y reporte de deformaciones en cada anillo, la gráfica de deformaciones que forma parte de éste estudio.

Anotar con signo positivo las desviaciones al exterior y negativo, el interior dividir el perímetro del tanque con divisiones a cada 2 m a partir del eje norte en orden progresivo en el sentido de las manecillas del reloj.

Dibujar al desarrollo perimetral del tanque y dividir el número de anillos así como las soldaduras verticales, para uti

lizarse como control de la inspección radiográfica, que deberá hacerse inmediatamente después de terminar cada soldadura.

Emplear las gráficas marcadas como figura (12).

### 3.3 ERECCION

#### EQUIPO DE MONTAJE ( Selección )

Grúa para armado de fondo y envolvente con capacidad de 25 ton. -  
translación en neumáticos y pluma de 60', 2 unidades.

Compresor de aire de 200 PCM y presión 7 Kg/cm<sup>2</sup>, 1 pza.

Generador de energía eléctrica con motor de combustión interna y  
capacidad de 400 KVA 2 Pzas.

Plataforma con tractor y capacidad de 20 ton. 1 pza.

Winche con capacidad de 5 ton. 1 pza.

Damioneta redilas con capacidad de 3 ton. 1 pza.

# CONTROL GRAFICO DE RADIOGRAFIAS

N

Horas

V-1   V-2   V-3   V-4   V-5   V-6   V-7   V-8   V-9   V-10   V-11   ..... 45

H-6							
H-5							
H-4							
H-3							
H-2							
H-1							

TANQUE No. \_\_\_\_\_  
 LUGAR \_\_\_\_\_

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ G.	TITULO PROFESIONAL
FMS. No. 12	<b>CONTROL GRAFICO DE RADIOGRAFIAS</b>
ACOT	
FECHA	

Equipos para soldar según proceso semi - automático, 10 pzas.

Equipos para soldar proceso manual con capacidad de 300 AMP.

Lote de herramientas

Selección de equipo de soldadura y su aplicación:

#### Definiciones

- Proceso Manual.- Es la unión de metales mediante la fusión de un electrodo revestido con fundente.
- Proceso semi-automático.- Es el equipo capaz de depositar el metal de aporte en forma continua y con nucleo tubular autoprotegido.
- Proceso automático.- Entendiéndose por proceso automático, el equipo capaz de alimentar en forma continua el material de aporte, con su respectiva protección de atmósfera inerte.
- El proceso de soldadura en fondo, junta de fileta ( unión de fondo con primer anillo ), techo ángulo de coronamiento-

anillo, de esfuerzo ( parte superior ) y horizontal de envolvente se usará el proceso semiautomático.

- El proceso de soldadura en anillo anular, verticales de la envolvente, anillos de refuerzo ( parte inferior ), ménsulas y escaleras y accesorios, se usará el proceso manual.

#### 3.4 REQUERIMIENTOS BASICOS DE DISEÑO Y MANUFACTURA

- Se define previamente con precisión, tamaño y posición de todas las boquillas, así como las aberturas y accesorios del tanque, antes de iniciar la fabricación.
- Las tolerancias en medidas y escuadrado para la manufactura de placas del cuerpo del tanque serán las siguientes:
  - a) El ancho de las placas de un mismo anillo, tendrá su variación máxima de  $\pm 1.5$  mm de la medida del plano.
  - b) La longitud de las placas del cuerpo medida en sus 2 - - aristas se mantendrá en más o menos 1.5 mm. de la medida de diseño del plano. No habrá " placa de cierre ".

- c) Las diagonales de las placas del cuerpo se mantendrán en más o menos 3.0 mm. de la medida de diseño de plano.
- d) La pandeadura ( cambio ) de las placas, tendrá una flecha máxima de 1.5 mm.
- e) Todas las medidas y tolerancias anteriores se verificarán sobre las placas ya cortadas y biseladas antes del rolado.

Las placas de la envolvente deberán ser numeradas por anillo y progresivamente elaborando para el efecto el fabricante planos de construcción, por lo menos en los 2 primeros anillos.

### 3.5 CIMENTACION

#### CIMENTACION A BASE DE ANILLO DE CONCRETO

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

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

- 1.- El radio será correcto con una tolerancia de más o menos de 25 mm.
- 2.- Deberán preverse los resagues necesarios correspondientes a puertas de limpieza, etc.
- 3.- El anillo de cimentación deberá ser monolítico, la cara superior de la cimentación deberá tener 25 mm. menos que el nivel de fondo.

A nivel de fondo se colocarán 3 placas por cada placa anular de 55 mm de ancho x 400 mm de largo x 13 mm de espesor, niveladas y recibidas firmemente de tal modo que la cara superior de las placas de nivelación estén dentro de la tolerancia de 3 mm en más o menos, cualquier longitud circunferencial de 10 m, tomando en cuenta que ningún punto en la circunferencia del anillo deberá variar 6 mm en más o menos de la elevación promedio. En caso de ser necesarias más -- placas en verticas, estas se utilizarán.

- 4.- La tubería subterránea y excavaciones, serán examinadas pa-

ra su propio tamaño, localización y elevación.

5.- Si la base esta aceitosa y el aceite está estancado en la superficie o saturado a tal punto que fluya a través de las costuras del fondo, deberá ser corregido por el constructor de la cimentación antes de que se inicie el trabajo de montaje.

6.- Investigación del subsuelo

Hacer 6 horadaciones a lo largo del perímetro de la envolvente y uno en el centro del tanque, tomar precauciones de las condiciones que podrían provocar un hundimiento diferencial, tales como afloramiento de rocas, cavidades de arrulla vacios, etc.

7.- Revisión de la cimentación terminada.

a) Localización del centro

Antes de empezar el traslado de personal o equipo al sitio del montaje, es necesario efectuar una meticulosa revisión de la cimentación terminada del tanque, aunque haya ya una estaca marcando el centro, es necesario que el montador verifique cuidadosamente que la posición del centro sea absolutamente correcta.

En caso de que no haya centro, o para verificar un cen--

tro existente, procédase como sigue:

Medir el diámetro exterior de la base en 3 diferentes posiciones. Determinar un diámetro promedio y establecer un radio igual al medio diámetro con cinta y con este radio, trazar un arco apoyando el centro en 3 lugares distintos aproximadamente a  $120^\circ$  uno del otro. Clavar una estaca en la intersección de 3 arcos ( fig. 13 ).

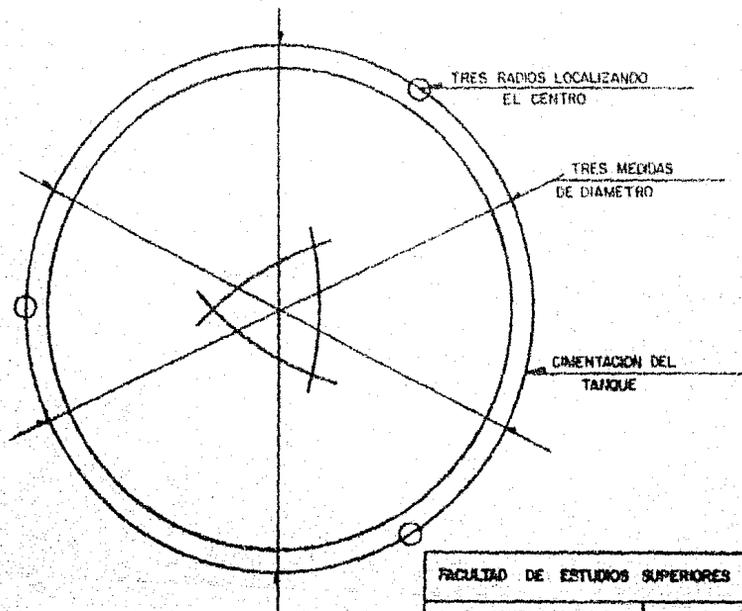
b) Revisión Dimensional

Después que se ha clavado la estaca del centro o que se ha confirmado que la posición y señalada era la correcta los radios interior y exterior del anillo de la cimentación, deberán verificarse contra el plano y sus medidas deberán estar correctas dentro de una tolerancia de más o menos 25 mm.

La pendiente del fondo, deberá también verificarse para asegurar que está correcta, firme y de superficie uniforme. No deberá haber rocas en la superficie con tamaño mayor de 25 mm., aproximadamente.

c) Revisión de Orientación del tanque.

Trazar con exactitud los ejes Norte-Sur y Oriente-Ponien



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 13

LOCALIZACION DEL CENTRO  
DEL TANQUE

ACOT:  
FECHA:

te sobre la cimentación de acuerdo con el Norte convencional de referencia del plano de instalación y marcarlos claramente sobre las caras superior y exterior del anillo de cimentación. Le marcarán 4 niveles en estos ejes para verificar el nivel exacto del fondo del tanque.

Le trazará en campo sobre la cimentación una referencia auxiliar del anillo anular a 42,785 mm de radio, se trazarán las líneas centros de todas y cada una de las boquillas, sobre la pared exterior de la cimentación.

Previamente al trazado en campo de las boquillas se hará en plano la distribución de las placas anulares para verificar que ninguna soldadura de esta, coincida con la soldadura vertical de primer anillo.

### 3.6 FONDO

#### 1.- Montaje de placas anulares de fondo

##### a) Trazado de referencias

Cuando se haya concluido con resultados satisfactorios la revisión de la cimentación del tanque, se procederá -

entonces a trazar las referencias que servirán para tender las placas anulares del fondo.

Con la estaca del centro como referencia para los trazos subsecuentes, se trazará un círculo sobre la cara superior del concreto, debiendo tener éste círculo 25 mm más en radio que el diámetro exterior final de las placas de apoyo, ya armadas según plano, del primer anillo del tanque. Se cuidará de marcar éste círculo lo más claro e indeleble posible para que durante las maniobras posteriores, pisadas, polvo, etc., no borren ésta muy necesaria referencia.

Se usarán entonces los anteriormente trazados ejes Norte-Sur, Oriente-Poniente para verificar muy cuidadosamente la cimentación de las boquillas y accesorios del tanque, marcando estas referencias sobre el diámetro exterior de la cimentación. Revisando los planos de manufactura del tanque se determinarán las posiciones donde quedarán las uniones verticales del primer anillo y se planeará la distribución de las placas anulares de apoyo -- del primer anillo, de manera que las uniones radiales de las placas horizontales no coincidan con las uniones verticales del primer anillo. Se recomienda un despla-

miento mínimo entre uniones verticales y radiales de -- 300 mm. ( Fig. 14 ). Una vez terminada la distribución de las placas anulares, se marcarán sobre la cimentación los ejes de simetría de fondo.

b) Tendido de placas anulares

Las placas anulares de 1/2" para apoyo del primer anillo se tenderán a continuación repartidas en la circunferencia de la cimentación para proceder a soldarlas en secciones de dos en dos.

Las uniones radiales deberán tener 100% de penetración y con radiografiado total, utilizar placas de respaldo de cobre o "tape" de cerámica, para soldar solo por -- arriba y probar además con cajas de vacío.

Cuando se halla terminado la soldadura de las uniones radiales de las placas anulares, el conjunto deberá haber quedado concéntrico con el trazo del radio exterior más 25 mm. que se encuentra sobre la cara superior de -- la cimentación.

La soldadura radial superior de las placas anulares, de



berán ser esmeriladas en el paso de apoyo del primer anillo envolvente.

La soldadura de unión entre sectores del anillo anular, podrá ser automático o manual, en caso de ser manual se usará electrodo revestido AWS-E7018 en toda la soldadura con técnica de retroceso a cada 500 mm.

La altura del cordón de refuerzo, deberá ser de 3 mm. - El exceso de ancho de cordón a cada lado deberá ser de 1.5 mm máximo. ( Fig. 14 ).

## 2.- Ensamble de placas de fondo

El tendido de las placas del fondo 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 4 estacas de referencia colocadas -- cada una sobre eje de simetría y fuera del área que ampara la placa.

La placa será cuidadosamente alineada y centrada con respec

to a los ejes de simetría y se transportará mediante un botón o perno punteado sobre la cara superior de la placa, el centro real del tanque.

Se procederá luego a colocar las placas, siguiendo la secuencia típica mostrada en la Fig. 14 punteando o sujetando con tacón, con un mínimo de 25 mm de traslape y verificando constantemente que las distancias a las referencias de los ejes sean mantenidas según lo pedido en el plano.

Es recomendable tender un tablón en la zona adyacente a la soldadura para evitar las bolsas, así como seguir con apego la secuencia y dirección de la soldadura, tal como lo marca en la Fig. 14.

### 3.- Prueba de Fondo

Emplear una caja de vacío para llevar a efecto la prueba -- del fondo, provocar un vacío de 2 lb/pulg.<sup>2</sup> y mantenerlo 15 seg. a válvula cerrada.- verificar totalmente la soldadura del fondo.

Las dimensiones de una caja de vacío de uso práctico estan-

referidas en la figura (15).

### 3.7 ENVOLVENTE

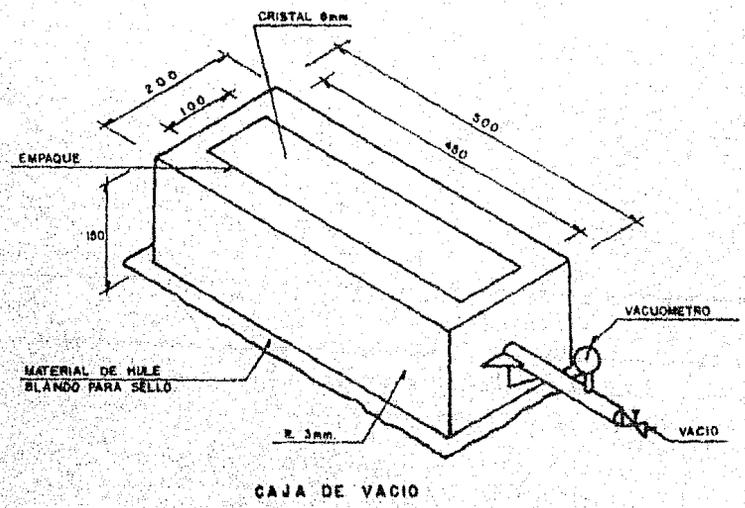
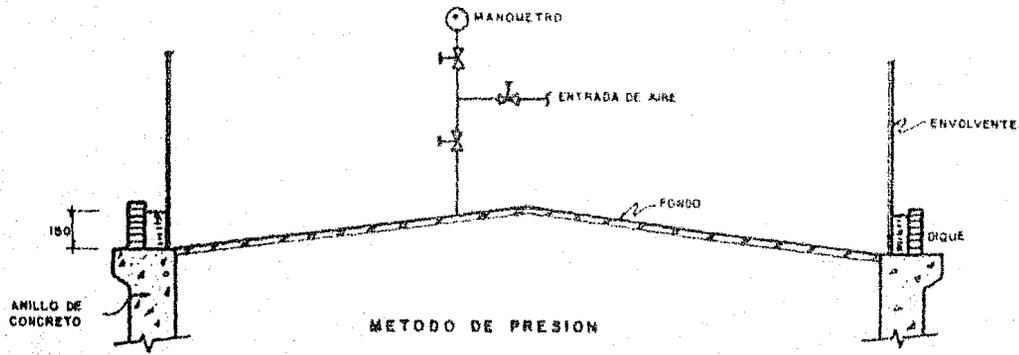
#### Trazos de círculos de referencia

Usando la estaca del centro del tanque como referencia, trazar - sobre las placas anulares un círculo correspondiente al espesor-medio del primer anillo del tanque, rayando y punteando el círculo sobre las placas.

Se marcarán además 2 referencias concéntricas: una 44 mm adentro y otra 44 mm afuera del círculo medio arriba trazado. Estos círculos serán señalados sólo con puntos aproximadamente a cada metro, ya que únicamente servirán como referencia de concéntrica o de flechas de las placas del primer anillo.

#### Trazo de cuerdas

En el plano de armado de las placas del cuerpo, se encontrarán - las separaciones que habrá de dejar entre las placas para las -- uniones verticales soldadas, así como los valores de cuerdas correspondientes a cada una de las placas que forman el primer anillo.

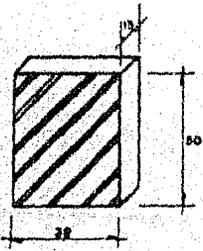
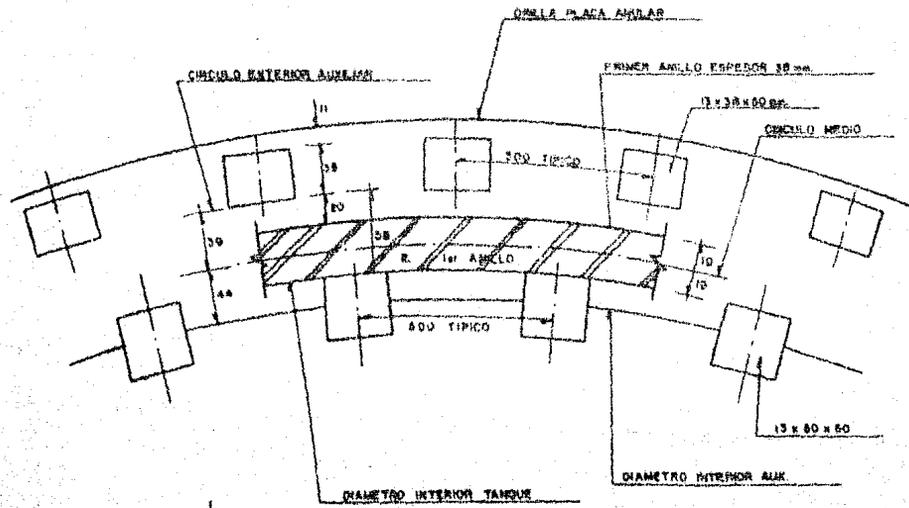


FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ O.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 15	PRUEBAS PARA TANQUES.
ACOT. MM	
FECHA:	

llo, como regla general, la distribución de referencia de posición para las placas del primer anillo, empezará con la placa -- corta que contiene la boquilla de admisión del producto. Utilizando la información del plano de montaje, que es el resultado de cálculos muy precisos en los largos asignados a cada una de las placas del primer anillo, se localizarán sobre el círculo de espesor medio las cuerdas que señalan el principio y fin de cada placa y los espacios entre placas. Estos puntos se señalarán -- provisionalmente con crayón hasta completar el marcado en toda la circunferencia. También se marcarán junto a cada unión los números de cada una de las 2 placas, que llegan a la unión. Tomando esta numeración de los datos contenidos en el plano de montaje.

Al concluir el marcado total de la circunferencia del círculo de espesor medio, la última marca deberá coincidir con la primera, -- con una variación máxima de unos 6 mm. en más o menos.

En caso de existir una diferencia mayor, habrá que verificar todos los trazos para localizar el error. Se marcarán ya claramente además a cada lado de las uniones los números de las placas -- que convergen en la unión. Finalmente a unos 150 mm, de las puntas de cada placa se soldará un tope formado por una tuerca cuadrada o una placa de 13 x 38 x 50 mm, ver Fig. 16.



**DETALLE PLACA BISA**

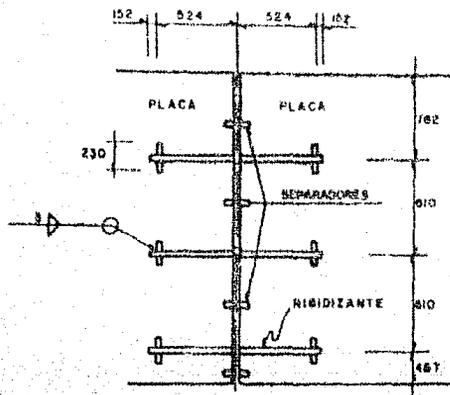
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. BANTILAN V. J. J. GUTERREZ G.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 18	PARA TANQUE DE 500,000 BLS.
ACOT: MM	DIAM. INT. = 85,308 mm.
PECHA:	MONTAJE 1er. PLACA DE 1er. ANILLO.

Estos topes servirán como apoyos para mover los puntos de las - -  
cuerdas.

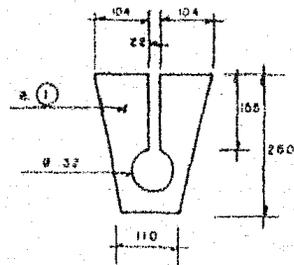
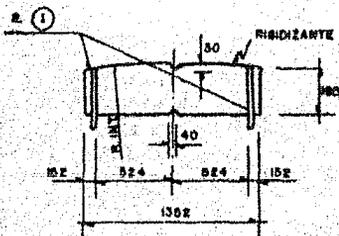
### Armado del primer anillo del cuerpo

Contando ya con las placas del primer anillo cuidadosamente revisadas y aprobadas en cuanto a la precisión de la curvatura y medidas, se habrá determinado con los trazos anteriores, la posición exacta de cada placa para obtener la orientación que el plano de ensamble específica para las boquillas y registros y para evitar la coincidencia de uniones verticales y radiales.

El ensamble de las placas del primer anillo, deberá empezar también con la placa corta que contiene la boquilla de admisión de producto, ya que será ésta la boquilla de mayor precisión de - -  
orientación requerida. Esta primera placa, se situará montada -  
con la cara interior sobre el círculo de diámetro interior y se apuntalará en esta posición. La siguiente placa se montará de -  
igual manera sobre el trazo y se acercará a la primera hasta obtenerse la abertura especificada sobre la unión vertical entre -  
placas. Sólo se punteará las 3 primeras placas, se sujetarán --  
las placas con candados y separadores Ver Figs. (17 y 18 ). Se -  
montarán la totalidad de las placas del 1er. anillo si cuando cada una con sus puntas precisamente en el lugar señalado por un -



VISTA INTERIOR  
DEL TANQUE



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ G.

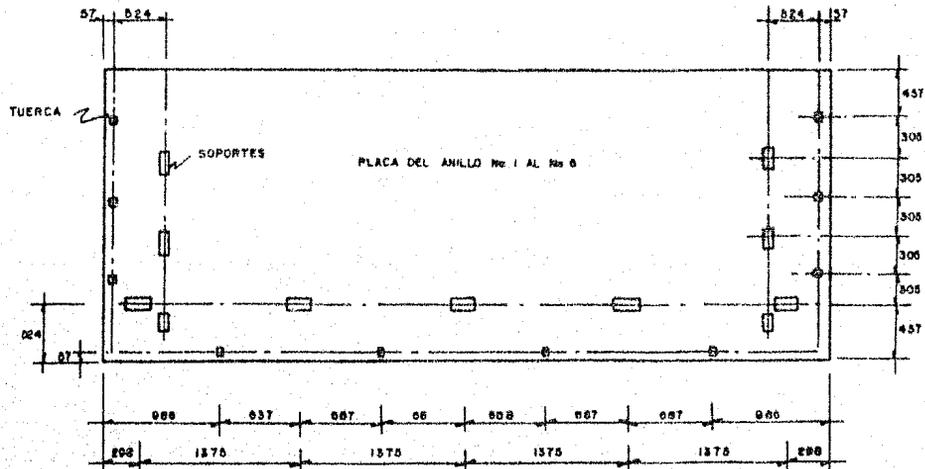
TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 17

DETALLE TÍPICO INSTALACIONES  
DE HERRAJES RIGIDIZANTES.

ACOT.  
FECHA:

MH



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 18

DISTRIBUCION TIPICA  
DE SOPORTES DE RINDIZANTES  
Y TUERCAS PARA CANDADO

ACOTY

MM

FECHA:

trazo y punteado de cuerdas.

Ninguna placa de cuerpo se punteará a la placa anular en tanto - no se termine la soldadura de todas las uniones verticales en su cara exterior unos 200 mm de unión interior, en la parte más baja de las placas, con lo que procederá a colocar este primer anillo concéntrico sobre las marcas trazadas en las placas anulares.

Es muy recomendable que se tome una medición de circunferencia - total del tanque antes y después de haber terminado la soldadura de las uniones verticales, exteriores e interiores, para conocer la contracción total final en circunferencia y por consiguiente - en cada junta.

Esta información servirá para ayudar a predecir las aberturas y - contracciones de los anillos siguientes y para el montaje de tanques similares en el futuro, es conveniente llevar un registro - de esto.

Los valores permitidos de verticalidad son 3 mm. en perímetro de 9,000 mm o 6 mm en perímetro total del tanque. La vertical será absoluta, - corregir si es necesario.

### Soldadura vertical del 1er. anillo

La soldadura vertical del primer anillo, puede hacerse siguiendo cualquiera de los métodos de soldadura que a continuación se describen: Obtener por los medios necesarios uniformidad de Bisel, limpieza necesaria en toda superficie por soldar y sujeción de las placas.

Puntear en el extremo superior de cada placa colineal al bisel, una placa del mismo espesor de la del anillo que trata, con el fin de aplicar en forma continua el cordón de la soldadura.

Las dimensiones de las placas de aumento, será del espesor de cada anillo con bisel similar, longitud y ancho 50 mm.

#### a) Proceso Manual

Aplicar todos los cordones de soldadura por el lado opuesto al de la instalación de los herrajes para rigidización, precalentar de acuerdo con las normas y procedimientos de soldadura. Con técnica de retroceso aplicar en forma ascendente el " fondo, paso caliente " y rellenar en tramos de 610-mm, usar electrodo AWS E 6010 de 3 mm  $\phi$  para fondeo y - -

E 7018 de 4 mm  $\emptyset$  para cordones complementarios ( Fig. 19 ).

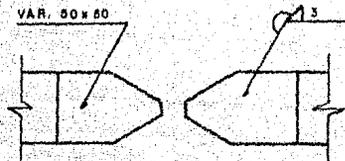
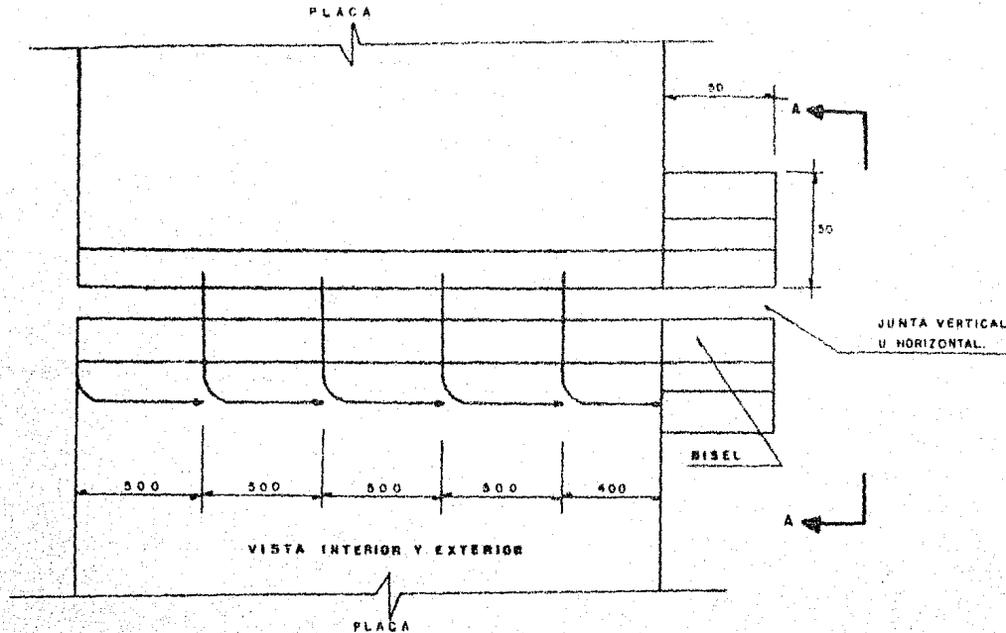
El cordón de vista, hacerlo en forma continua y ascendente con electrodo AWS E 7018 de 4 mm  $\emptyset$  dejando una corona de -- 3 mm como máximo. Se procede a limpiar de rigidizantes el lado interior dejando totalmente esmerilados los cordones de soldadura auxiliares.

Cuando por el proceso de soldadura las placas esten formando un piso o sea se esten saliendo de tolerancia, deberá el soldador cambiarse de interior a exterior o viceversa a fin de corregir este defecto.

Sanear la raíz del primer cordón exterior con electrodo de carbón cobrizado de 6 mm  $\emptyset$ , esmerilar a metal blanco este nuevo bisel para iniciar los cordones de " relleno " con -- técnica de retroceso en forma ascendente a cada 610 mm con electrodo de 4 mm  $\emptyset$  SWS E - 7018.

Verificar la calidad de la soldadura vertical mediante inspección radiográfica al 100% en los 3 primeros anillos, en los demás anillos de acuerdo con API-650.

Si la calidad de la soldadura es aceptable, se procede a es



VISTA "A-A"

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 19

TECNICA DE RETROCESO EN  
APLICACION DE SOLDADURA

ACOT: MM

FECHA:

merilar a ras el cordón interior con pulido fino; en caso contrario procede a su reparación en la forma siguiente.

a.1) Marcar con pintura de aceite color rojo sobre la soldadura que resulte defectuosa, transportar fuera de la soldadura en tramo defectuoso a una distancia de 150 mm y marcar con pintura de aceite para verificar posteriormente su reparación.

a.2) Vaciar con equipo de arco-aire y electrodo de carbón - cobrizado de 6 mm la soldadura defectuosa, pulir con disco abrasivo y a metal blanco, aplicar la soldadura en el tramo de reparación.

a.3) Las zonas reparadas deberán reinspeccionarse radiográficamente cuantas veces sea necesario.

a.4) Antes de iniciar cualquier reparación deberá rigidizar la zona por el lado opuesto con los herrajes para ese fin.

a.5) Toda soldadura defectuosa será preparada inmediatamente de acuerdo con el procedimiento descrito.

a.6) Emplear reportes para control radiográfico.

b) Proceso Automático

El éxito de la soldadura vertical mediante el proceso automático se apoya desde luego en la calidad de la máquina, el técnico que la opera y la preparación de biseles.

Invariablemente el bisel deberá estar totalmente limpio y paralelo a la cremallera de la máquina, el operario de la máquina debe tener un entrenamiento apropiado al equipo que tiene a su cargo. La sujeción será indispensable tanto para reducir deformaciones, como para detención de la placa de respaldo si el equipo por emplear requiere cámara inerte. De acuerdo con el proceso de soldadura seleccionado en la construcción, modificar los herrajes básicos de sujeción.

Instalar en la parte superior de las laminas del anillo las placas para continuidad de los cordones de soldadura vertical como en el caso descrito para proceso manual.

La soldadura deberá ser equivalente a la AWS E-7018.

Las soldaduras defectuosas deberán corregirse siguiendo las etapas marcadas para el caso de soldadura con proceso manual.

Indistintamente al proceso de soldadura empleado, deberán tomarse lecturas de las deformaciones accordes por la aplicación de soldadura vertical, en caso de tener lecturas fuera de lo normal, deberán analizarse y corregirse antes de continuar el armado de anillos superiores.

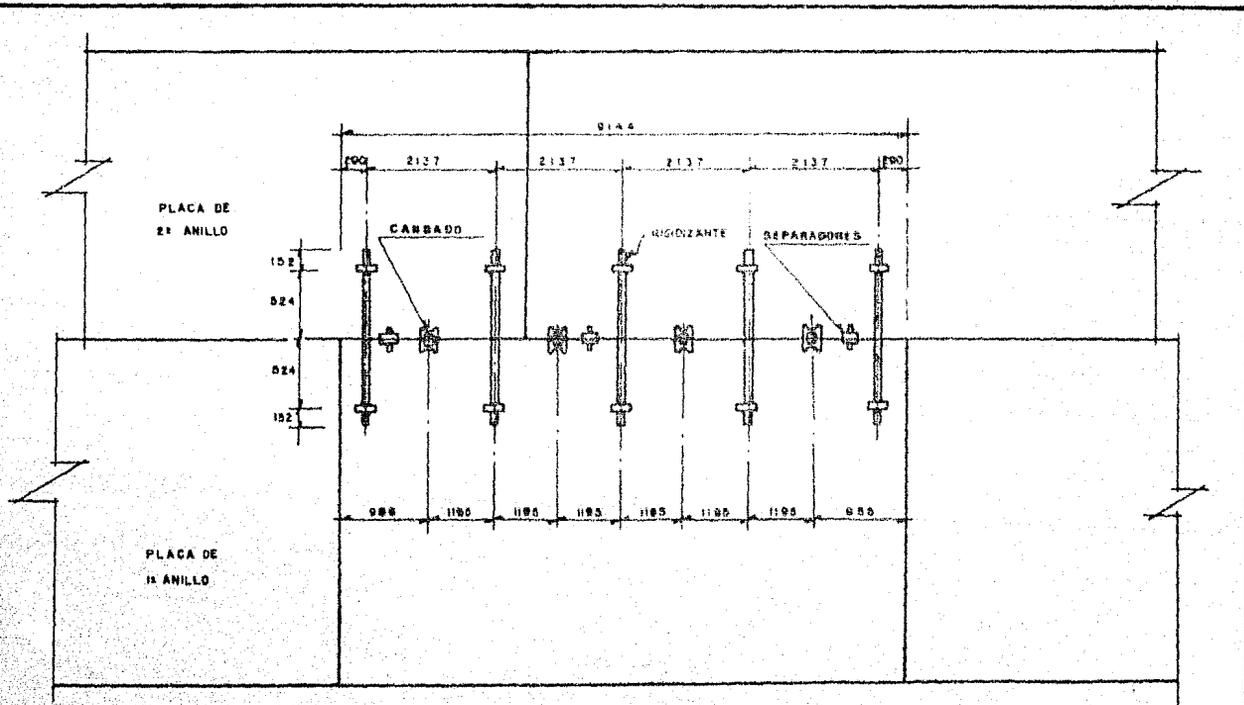
#### Montaje y Soldado del segundo anillo

Previo al armado del 2do. anillo, se instala a una altura de -- 900 mm arriba del paso por el cordón exterior del tanque, el anillo de rigidización inferior que será usado como andamio provisional, removiendolo progresivamente de acuerdo con el avance de construcción del tanque.

Los herrajes para montaje de la plataforma están detallados en -- la Fig. 17.

El montaje del segundo anillo, se realiza en forma similar al -- primero, las placas que la forman, llevarán las " tuercas " para " candado " y los clips para los " rigidizantes " en caso necesario, como se detalle en la Fig. 20.

La instalación de cada una es diferente, la conducción prevalen-



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V.	TESIS
J. J. GUTIERREZ Q.	PROFESIONAL
FIG. No. 20	DETALLE TÍPICO DE INSTALACION DE SOPORTES RIGIDIZANTES TUERCAS PARA CAMBIADOS Y SEPARAD.
ACOT	MM
FECHA	

17

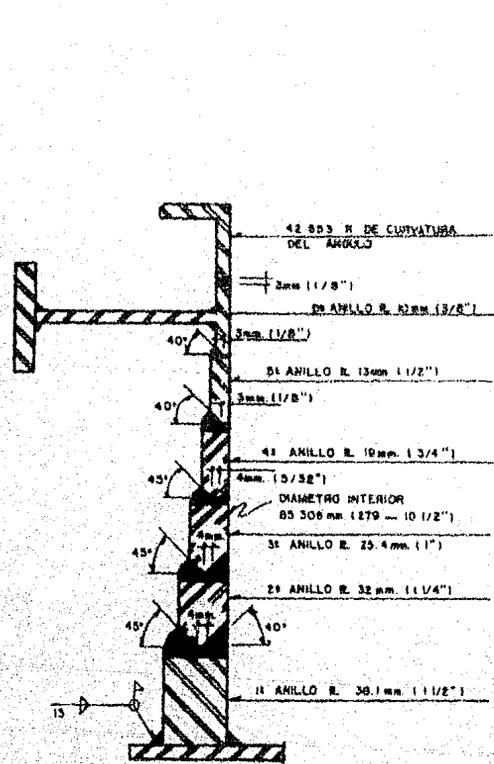
te es que cada lámina debe quedar conformada con los separadores los " candados " y los " rigidizantes " inmediatamente después del montaje. Para alcanzar esta condición se requieren ayudas para el interior y exterior, los cuales se deberán armar anticipadamente.

Al terminar el armado se toman lecturas de deformaciones, en caso necesario se corrigen las desviaciones para iniciar la soldadura de las uniones verticales.

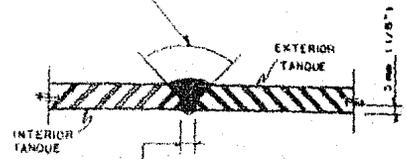
La secuencia de soldaduras en el segundo anillo, será en forma similar al empleado para el primero. La lectura de deformaciones al terminar las soldaduras verticales será otro punto de apoyo, para continuar la siguiente etapa, en caso contrario analizar los resultados y proceder a la corrección.

#### Soldadura Horizontal entre anillo Primero y Segundo.

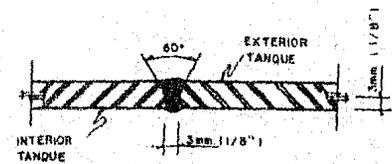
Para efectuar esta soldadura, debe estar 100% terminadas las soldaduras verticales de los dos anillos. ( Fig. 21 ) El sistema de soldadura para la horizontal del primero y segundo anillo, será la automática, empleando soldadura de arco sumergido.



- 41 ANILLO: 45°
- 51 ANILLO: 40°
- 21 ANILLO: 30°
- 11 ANILLO: 30°



- 41 ANILLO: 10
- 51 ANILLO: 10
- 21 ANILLO: 10
- 11 ANILLO: 10



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUANTITLAN	
L. G. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ O.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 21	DETALLES DE JUNTAS HORIZON- TALES Y UNIONES VERTICALES.
ACDT. MM.	
FECHA	

El aspecto del cordón de vista o coronamiento deberá ser lo más terso posible, de acuerdo con el código API-650

Deberá de tenerse cuidado de que la soldadura no " aviente " el cordón; en caso de que ésto suceda, cambiar la máquina para el otro lado del bisel. La limpieza debe ser tal que no haya socavados, que las asperezas sean tales que permitan que se pase la mano sin lastimar.

Sanear la raíz de la soldadura exterior con equipo de Arco-Aire y electrodo de carbón cobrizado de 6 mm Ø. Esmerilar totalmente dejando metal blanco para aplicar los cordones de relleno con -- equipo similar al empleado por el exterior.

Inspeccionar radiográficamente con equipo de rayos X.

Cualquier reparación que surja tratarla como en el caso descrito en el punto a.2) de soldadura vertical del 1er. anillo. Tomar - lectura de deformaciones, analizar sus resultados y en caso necesario corregir.

Soldadura de filete entre Flaca anular y Primer anillo de la envolvente.

---

Para iniciar la soldadura de filete entre la placa anular y el -

primer anillo de la envolvente, solamente es indispensable haber terminado las soldaduras verticales del primer anillo; por lo tanto en forma simultánea al montaje del segundo anillo es posible iniciar esta etapa.

El proceso de soldadura podrá ser manual con electrodo recubierto E-6012 o con automática arco sumergido, primero, por el lado interior verificar con líquido penetrante que quedó bien, y proceder a soldar por el lado opuesto.

Es de vital importancia precalentar a una temperatura de 100 a - 150°C la placa del primer anillo en una longitud de 300 mm arriba del anillo anular para aplicar la soldadura de filete, emplear un equipo de quemadores para uniformizar esa temperatura.- Verificar la temperatura empleando crayón térmico.

#### Armado de los anillos 3, 4, 5 y 6

Previo al armado de cada anillo, se prepararan los andamios: Interior con estructura tubular desmontable o carros deslizantes o escuadras y tablonés y el exterior como se describió para el segundo anillo, la altura del exterior esta determinado por la estatura promedio del personal de soldadura y montaje, en nuestro-

medio será del orden de 1,500 mm, hacia abajo a partir de la parte superior del anillo armado y soldado.

En todos los casos montar el anillo superior cuando se ha terminado el montaje y soldado vertical de los anteriores.

Seguir para cada anillo la secuencia descrita para el segundo - - anillo.

Cuando se requiera por algún motivo suspender el montaje de los - anillos hasta la próxima o próximas jornadas de trabajo, asegurar con ganchos deslizables y vientos de cable de acero contra volteo por empuje del viento o agentes extraños.

De acuerdo con la gráfica de deformaciones verificar a la terminación de cada etapa el estado que guarda el tanque, en caso necesario corregir hasta obtener como mínimo los valores establecidos - en la norma API-650.

#### Soldadura Vertical y Horizontal de los anillos 3 y 4

Esta etapa, es similar a la descrita para los anillos 1 y 2.

### Soldadura vertical del Anillo número 5 Placa de 14 mm. de espesor

La soldadura vertical del quinto anillo será mediante el proceso manual con electrodo AWS-E-7010, usando varilla de 3 mm. de diámetro para el " fondeo " con técnica de retroceso en forma ascendente y de 4 mm Ø para el " paso caliente " con la misma técnica.

Los siguientes cordones de relleno y acabado hacerlos con varilla de 4 mm. Ø y técnica de retroceso en forma descendente en tramos de 610 mm. Limpiar después por el interior, para terminar la soldadura. Sanear la raíz con equipo de Arco-Aire por el interior, esmerilar hasta dejar metal blanco y rellenar con electrodo de 4 mm Ø en forma descendente y tramos de 500 mm.

### Soldadura Vertical de Anillo Número 6

Cuando se termina la rigidización del sexto anillo con herrajes - por el interior y se puntean las placas con continuidad del cordón de soldadura en lado superior de las placas, se limpia con esmeril hasta dejar a metal blanco el bisel y se inicia la soldadura vertical del sexto anillo por el exterior empleando varilla de 3 mm Ø especificación AWS-E-7010 para el fondeo con técnica de retroceso en tramos de 500 mm y en forma ascendente. Los cordones-

faltantes, hacerlos con electrodo de 4 mm. Ø y técnica de retroceso en tramos de 610 mm, en forma descendente. Por el interior, - sanear la raíz con equipo de Arco-Aire y esmerilar el bisel hasta dejar a metal blanco para completar la soldadura con electrodo de 4 mm Ø empleando la técnica de retroceso en forma descendente.

#### Soldadura Horizontal de los Anillos 4 con 5 y 5 con 6.

La soldadura horizontal se inicia por el exterior cuando se tiene el bisel esmerilado a metal blanco, se aplica el equipo para proceso automático, se completa la soldadura por el interior siguiendo esta técnica.

Sanear la raíz de la soldadura exterior con equipo de Arco-Aire y esmeril hasta dejar limpio a metal blanco para completar la soldadura con el proceso automático.

Emplear la inspección radiográfica en los cruces con placa de 430 mm de longitud y dos placas más entre las soldaduras verticales - del anillo inferior.

Reparar si es necesario en la forma descrita con anterioridad.

### Armado del Angulo de Coronamiento

Instalar el ángulo de coronamiento rigidizándolo al sexto anillo con cordones de soldadura de 50 mm a cada 300 mm, esta actividad será anterior a la aplicación de las soldaduras verticales.

### Soldadura del Angulo de Coronamiento

La soldadura del ángulo de coronamiento en el sexto anillo, se inicia por el exterior con el equipo manual de electrodo recubierto.

Limpiar con el esmeril la raíz del cordón de soldadura exterior y aplicar los cordones de relleno por el interior.

### 3.8 LECTURA DE DEFORMACIONES

Tomar en forma progresiva al armado del tanque, las lecturas de deformaciones que contiene la gráfica anexa ( Gráfica de Deformaciones Fig. No. 22 )

GRAFICA PARA CHECAR LA VERTICALIDAD DE UN TANQUE

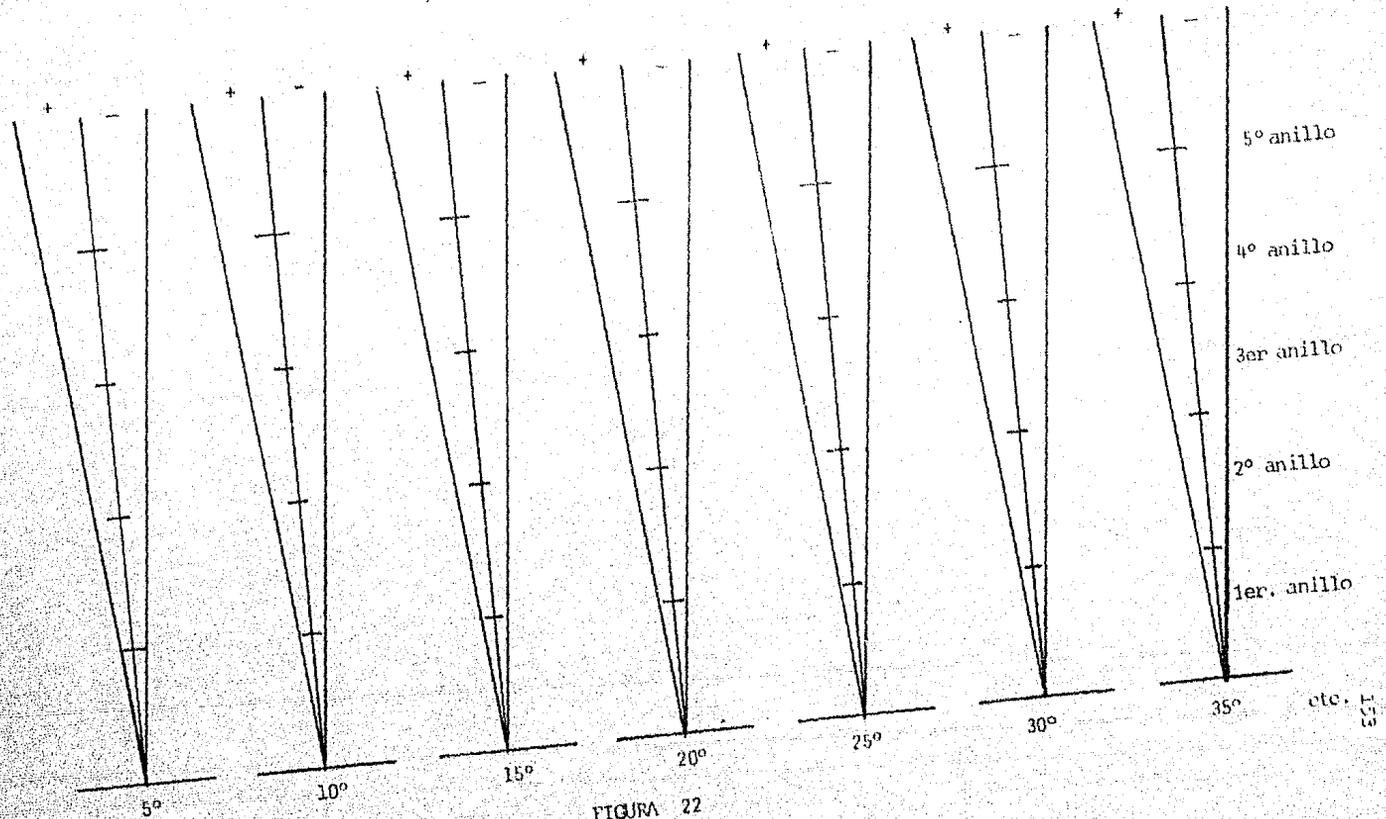


FIGURA 22

etc. 1/3

### 3.9 ARMADO Y SOLDADO DE LOS ANILLOS DE REFUERZO

El anillo inferior, se instalará a su altura de proyecto cuando se termine la rigidización del quinto anillo. Conformer sin afectar la verticalidad del anillo, puntear cordones de 50 mm., a cada 500 mm., para apoyar el anillo al cuerpo del tanque, esperar a completar la soldadura de filete cuando se haya terminado la soldadura vertical y horizontal del cuarto y quinto anillos.

La soldadura de filete perimetral del anillo de refuerzo se hará con equipo automático o manual con técnica de retroceso a cada 1,000 mm.

Las ménsulas se soldarán al cuerpo con equipo de soldadura manual cordón continuo y descendente por ambos lados del patín.

El montaje y soldadura del anillo rigidizante superior se hará en la misma forma que el inferior.

### 3.10 COLOCACION PLACAS PARA BOQUILLAS CONTRA INCENDIO

Una vez terminado el anillo rigidizante superior, se colocarán las placas para boquillas contra incendio.

### 3.11 LIMPIEZA DEL CUERPO DEL TANQUE

La calidad de la obra será culminada con una limpieza absoluta en el interior y exterior del tanque. Se ha propuesto el uso de andamios rígidos y seguros para obtener en conjunto con otros elementos; en primer lugar un tanque con envolvente concéntrica y en segundo lugar paredes exentas de rebabas y/o cráteres que provoquen daños o fugas de vapores al sello del techo.

Los cráteres serán resanados con el electrodo E-7019 de 3 mm Ø - empleando equipo manual y pulir mediante disco abrasivo las prácticas sobresalientes de las paredes del tanque.

### 3.12 TECHO FLOTANTE

#### Armado del Pontón

a) Una vez que haya sido terminada la soldadura de las placas del fondo y los dos primeros anillos, montar la totalidad de placas de cubierta inferiores de pontones sobre el andamiaje tubular, cargarlas en su perímetro exterior para ponerlas a nivel, punterarlas entre sí, cerrando el conjunto con la placa de cierre recortada a la medida que pida el montaje y previniendo las contraccio-

nes que se presentarán al efectuar las soldaduras radiales. ( Fig. 23 y 23 A )

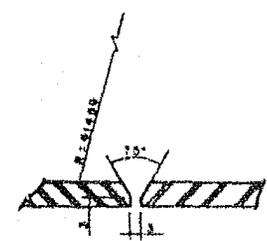
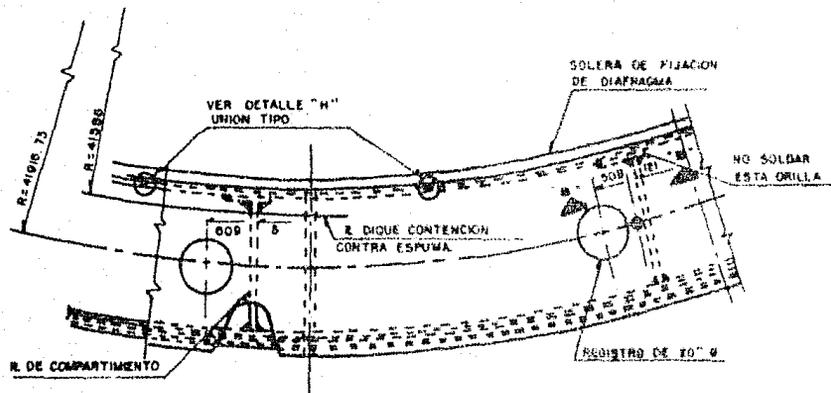
b) Colocar las secciones superior e inferior de los envolventes exteriores del pontón sobre la cubierta inferior, correrlas hacia el centro unas 12" para mejor acceso a la cara exterior, soldar y esmerilar las uniones verticales y deslizar la envolvente hacia afuera nuevamente, punteando a la cubierta inferior, a la vez que se efectúan las uniones radiales de ésta última. Cuidar que no haya coincidencia de uniones verticales y radiales.

c) Cerrar la envolvente exterior recortando la placa de cierre, - puntear, soldar y esmerilar por fuera.

d) Colocar las placas divisorias de compartimientos, puntear a la envolvente exterior y cubierta inferior.

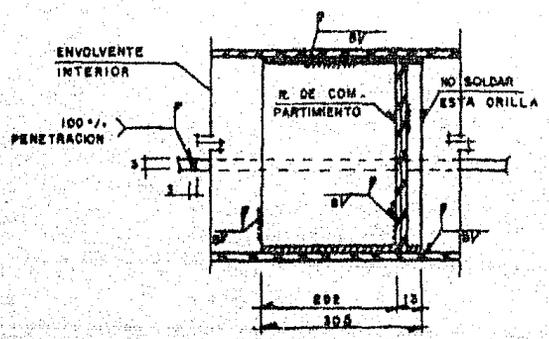
e) Colocar envolvente interior y placas de expansión, puntear, -- cuidar que sólo se solde una de las orillas de la placa de expansión según pida el plano de ensamble.

f) Colocar cubiertas superiores de pontones y puntear conforme se cierran compartimientos.



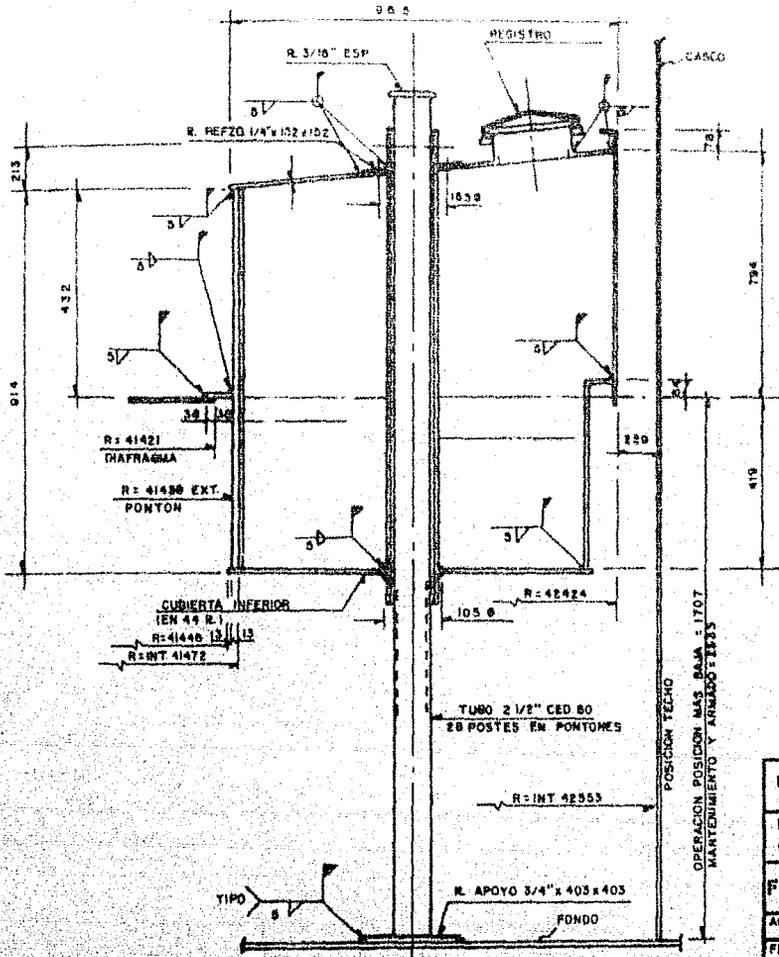
DETALLE "H"

SECCION DEL PONTON



SECCION "B-B"

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTTLAN	
L. G. SANTILLAN V.	TESIS
J. J. SUTERRIZ O.	PROFESIONAL
FIG. No. 23	TECHO FLOTANTE TANQUE DE 500,000 BLS.
ACOT. MM	MONTAJE DEL PONTON.
FECHA:	



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. G. SANTILLAN V.	TESIS PROFESIONAL
J. J. GUTIERREZ Q.	
FIG. No. 234	SECCION TIPICA DE PONTONES MOSTRANDO POSTES Y REG. HOMBRE.
ACOT.	
FECHA: MM.	

g) Abrir agujeros para registros de pontones, colocar los cuellos y puntearlos a las cubiertas.

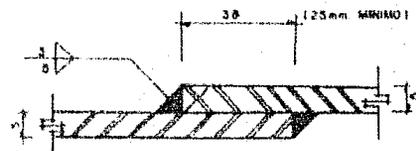
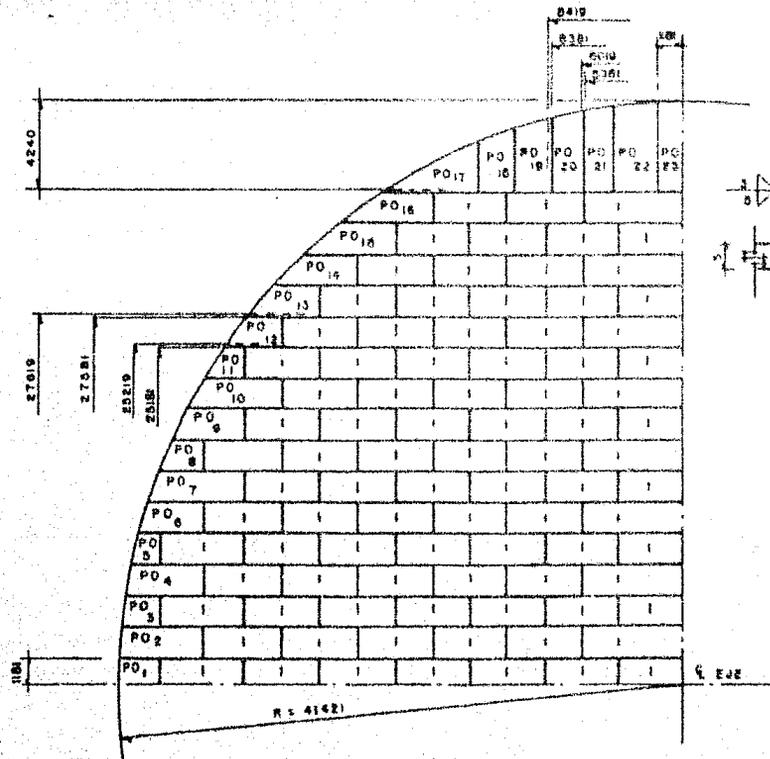
h) Soldar totalmente los compartimientos por el interior en las uniones de envolvente exterior a cubiertas y placas divisorias de compartamientos, y por el exterior en la unión de envolvente interior a placas cubierta superiores.

i) Colocar, puntear y soldar progresivamente a la envolvente interior el anillo para fijación del diafragma.

#### ARMADO DEL DIAFRAGMA

a) Una vez soldado en su totalidad el pontón, hacer un tendido de polines radiales desde el pontón hacia el centro del tanque, en solo la distancia que sea necesaria para elevar el perímetro del diafragma hasta su posición debajo del anillo de fijación, con una pendiente máxima de 1:120 de la horizontal.

b) Tender las placas del diafragma según el plano de montaje y proceder a puntear y soldar el diafragma total, punteando y soldando también la unión del diafragma el anillo de fijación del pontón ( Fig. 24 y 25 ).



DETALLE TIPO DE SOLDADURA EN LAS PLACAS DEL DIAFRAGMA.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

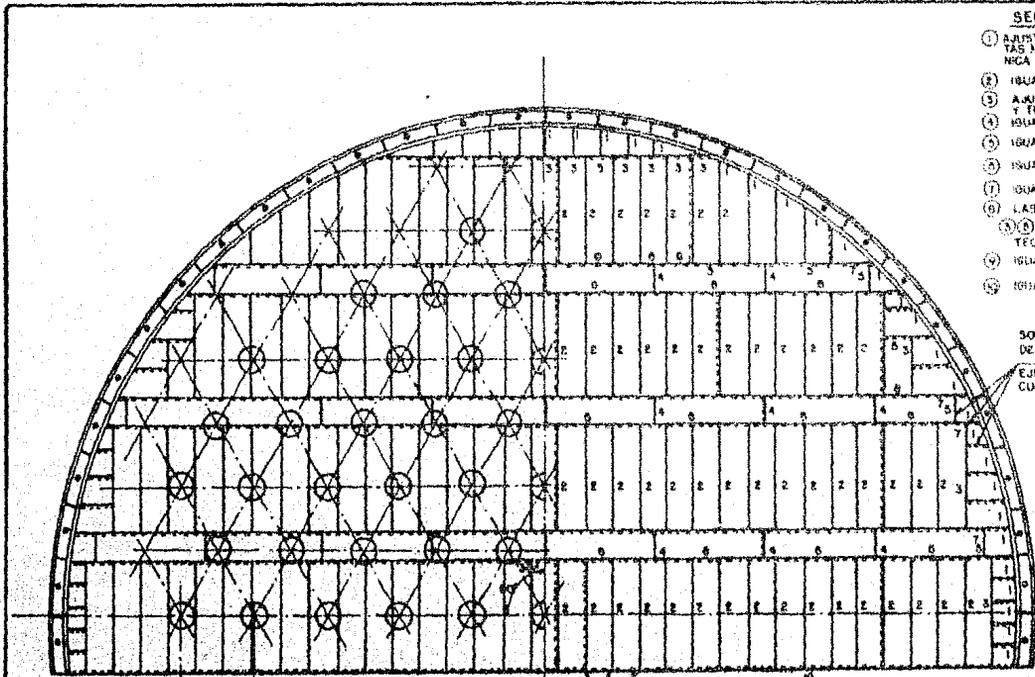
L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 24

ACOT. MM.  
FECHA:

ARMADO DEL DIAFRAGMA  
TANQUE 500,000 BLS.  
(TECHO FLOTANTE)



**SECUENCIA DE OPERACION.**

- ① AJUSTAR USANDO UN AJEBO DE HERRAMIENTAS NORMAL Y SOLDAR USANDO LA TECNICA DE SOLDADURA DE RETROCESO
- ② IGUAL QUE ①
- ③ AJUSTAR SOLAMENTE USANDO PUNZONES Y FUERZAS DE TRACCION
- ④ IGUAL QUE ①
- ⑤ IGUAL QUE ②
- ⑥ IGUAL QUE ①
- ⑦ IGUAL QUE ③
- ⑧ LAS COSTURAS DE SOLDADURA
- ⑨ ⑩ ⑪ SE REALIZARAN USANDO LA TECNICA DE RETROCESO.
- ⑫ IGUAL QUE ①
- ⑬ IGUAL QUE ①

SOLDAR ESTAS COSTURAS DESPUES DE LAS SOLDADURAS 12, 4 Y 6 PERO EJECUTAR LAS SOLDADURAS DEL CUADRANTE

NO PUNTEAN O SOLDAR HASTA QUE TODAS LAS SOLDADURAS DEL CUADRANTE ADYACENTE DEL TECHO SEAN EJECUTADAS CUANDO ESTAS SOLDADURAS SE EJECUTEN, LA DIRECCION DE LAS SOLDADURAS SERA DESDE LAS PLACAS, CERCANAS AL PONTON HACIA EL CENTRO DEL TANQUE.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. BANTELLAN V.  
J. J. BUTIERREZ Q.

TESIS  
PROFESIONAL

FIG. No. 28

**TANQUE 500 000 BL. S. TECHO FLO-  
TANTE EQUIPADO CON BOYAS Y  
DISTRIBUCION DE TECHO.**

ACD?  
NM  
FECHA:

(distribucion de boyas y s. de soldadura)

c) Abrir los agujeros para registros del techo, colocar marcos - con las tapas atornilladas firmemente, y soldar. Pueden luego -- quitarse las tapas para tener acceso para la instalación del equipo inyector para levantamiento del techo con agua, o con aire.

d) Trazar en los pontones la posición de los postes tomando en -- cuenta la posición de: escalera rodante, conexiones de drenaje divisiones de compartimientos, guía anti-rotación, registro de te--cho, etc. para todo lo cual se habrán definido sus posiciones desde antes de empezar el montaje.

e) Abrir los agujeros en pontones y diafragmas para las camisas - de los postes y sus placas de refuerzo. Soldar las placas de re--fuerzo de las camisas y luego las camisas.

f) Localizar las boyas, colocarlas y soldarlas.

Abrir agujeros para paso de camisas, insertar las camisas de los--postes de boyas en los agujeros de sus placas de refuerzo y sol--darlas.

g) Localizar la guía anti-rotación, colocar el soporte superior y con plomada transportar las aberturas de la camisa-guía en los -- pontones y la posición del soporte inferior. Armar y soldar el -

conjunto y verificar hermeticidad de la camisa-gufa.

Fig. 26 ( Arreglo general )

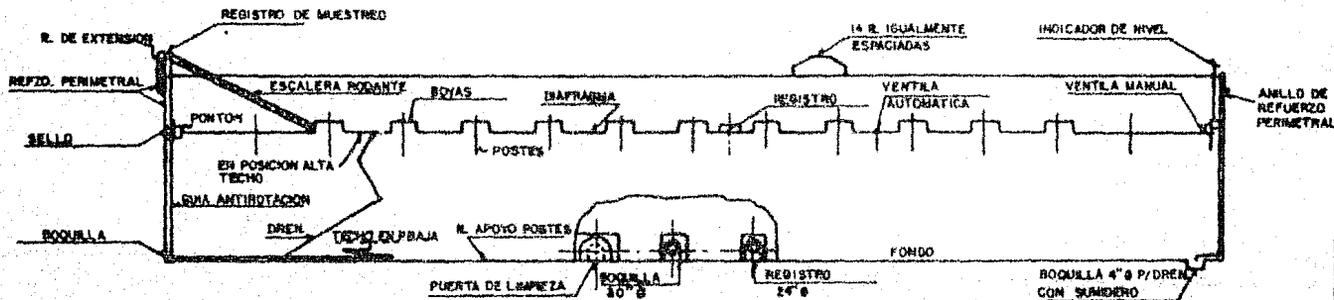
#### ELEVACION HIDRAULICA DEL TECHO

a) Revisar cuidadosamente que todo borde, rebaba, chisporroteo y cordón de soldadura que se encuentre en la zona donde trabajará - el TUBOSELLO y la banda de desgaste sea esmerilado al grado que - pueda pasarse la mano firmemente sobre la superficie sin lastimar se.

b) Revisar todo cordón vertical y horizontal del cuerpo, y las superficies interiores en general de las placas de la envolvente y el borde superior, y acondicionar en la misma forma descrita.

c) Sellar toda abertura en el fondo y primer anillo del tanque, - colocando rellenos de lámina o madera para que el sello pueda pasar por encima de aberturas en el cuerpo sin que se escape la presión de agua.

d) Insertar la totalidad de postes en sus camisas correspondientes, cuidando de utilizar las diferentes longitudes en los lugares que el plano señala. Los postes descansarán sobre el fondo:-



### TANQUE DE TECHO FLOTANTE

CAPACIDAD 500,000 BLS. ( 170,500 M<sup>3</sup> )

DIAMETRO	85,344 m. (280 ft.)
ALTURA	14,830 m. (48 ft.)
CAPACIDAD NOMINAL	70,500 M <sup>3</sup> (500,000 BLS.)
CAPACIDAD REAL	77,188 M <sup>3</sup> (466,270 BLS.)
PESO PROPIO	1,700 TON (1,874 TON. CORTAS)
PESO EN OPERACION (MAX.)	77,318 TON (65,235 TON. CORTAS)
PESO EN PRUEBA HIDROSTATICA	78,858 TON (66,926 TON. CORTAS)
PRESION EN EL FONDO DEL TANQUE	13,500 Kg./M <sup>2</sup> (2766 lb./ft. <sup>2</sup> )
COEHO DE DISEÑO	A. P. I. 850 1980

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

L. G. SANTILLAN V.  
J. J. GUTIERREZ Q.

TECN  
PROFESIONAL

FIS. No. 26

ACOT

FECHA:

VISTA EN CORTE T.  
FLOTANTE 500,000 BLS.  
(arreglo general)

se ubicarán las placas donde se apoyará y descansará el apoyo sobre estas.

e) Poner junto a cada poste su pasador.

f) Asignar una cuadrilla numerosa de gente a tomar posiciones sobre el techo, cada uno con un grupo de postes a su cargo, que se encargará de observar la elevación del techo en su área asignada, para que una vez alcanzada la altura deseada en el techo, inserte rápidamente los pasadores en los postes para sostener el techo en su posición de operación.

### 3.13 INSTALACION DE ACCESORIOS

a) Localizar y alinear los carriles de la escalera rodante, y las orejas que van soldadas a la placa de extensión de la envolvente.

b) Armar las secciones de escalera rodante sobre los carriles y - en su posición extrema horizontal, soldar las secciones entre sí y levantar el extremo superior hasta ensartarle el perno de articulación.

c) Localizar el indicador de nivel sobre la extensión de la envol

vente y con plomada localizar sobre el pontón, el pozo del flotador. Colocar este, soldarlo y verificar su hermeticidad.

d) Localizar las válvulas automáticas de venteo abriragujeros, -- montar camisas sobre el **diafragma** y soldar.

e) En la posición alta del pontón, insertar guías y las tapas de las válvulas automáticas, marcando y recortando el sobrante para que las válvulas queden abiertas 4" en esta posición.

f) Localizar y colocar pozos y registros de muestreo, ventillas - manuales, barras centradoras, guardamangueras, parrillas de drenaje, etc. Toda perforación hecha al techo deberán verificarse con aceite penetrante después de soldar el accesorio.

### 3.14 INSTALACION DEL TUBOSELLO

a) Bájrase meticulosamente toda la superficie superior del techo hasta dejarlo limpio de partículas metálicas sueltas. Transportar hasta el techo todos los componentes necesarios para el techo: TUBOSELLO, banda de desgaste, tornillería y tuercas para su fijación, placas para protección de la lluvia, líquido que servirá para llenar el TUBOSELLO, soleras de fijación de la banda de -

desgaste, barras superiores de fijación y equipo para reparación del TUBOSELLO.

b) Desempacar cuidadosamente la banda de desgaste y desenrollarla sobre el pontón, lado liso hacia arriba, con las perforaciones para los tornillos superiores a cada 6", hacia la envolvente del tanque, en caso de que sean diferentes las orillas.

c) Ensartando la banda con tornillos a su ángulo de fijación y -- dándole la maroma para que la cara estriada de la banda mire la - envolvente del tanque, descolgar la banda en el espacio entre pon tón y tanque.

d) Colocar unas barras superiores de fijación aproximadamente a cada metro; estas barras y tornillos son provisionales y se colocarán en forma definitiva cuando se instale el TUBOSELLO.

e) Instalar la orilla colgante de la banda contra la ceja de fijación del pontón, usando las soleras de retención de la banda y -- los tornillos-máquina colocados con la cabeza hexagonal hacia el lado de la envolvente. Apretar las tuercas sólo hasta dejar firme la banda, sin deteriorar ésta por exceso de apriete. Se recomienda empezar a montar la banda cerca de la escalera.

f) Una vez instalada la banda contra el ángulo, acérquense el TUBOSELLO a la unión de la banda y desempáquese el TUBOSELLO cuidadosamente, revisando con meticulosidad que el TUBOSELLO no haya sido lastimado ( por un clavo de la caja, por ejemplo ) desenrollar y colocarlo cerca del perímetro exterior del pontón, revisando el TUBOSELLO en su totalidad.

g) Vaciar unos 50 litros de petróleo diáfano en una punta del TUBOSELLO, levantando éste en un punto a unos dos metros de la punta para retener el líquido en el columpio resultante. Entre dos trabajadores recorrer la longitud total del TUBOSELLO, con el líquido en columpio y revisarlo cuidadosamente buscando señales de humedad o goteo. Reparar en caso necesario con el equipo de reparación suministrado.

h) Verificando el estado del TUBOSELLO, fijar la punta de éste con tornillos al ángulo, descansar el tubo en la cuna que forma la banda de desgaste, descolgada en un tramo de unos 2.5 m. y volver a subir la banda enganchándola de nuevo y colocándole ya todas sus barras de fijación. Proceder a colocar el TUBOSELLO, así por tramos hasta terminar la circunferencia. Al colocar el TUBOSELLO, asegurar que su empalme longitudinal se sitúe hacia el lado del pontón, derecho y sin torceduras a todo su largo. Especial cuidado debe tenerse de no lastimar el tubo con las cuerdas-

de los tornillos o aristas metálicas.

i) Proceder el llenado del TUBOSELLO utilizando kerosina ( de -- preferencia ), o agua limpia donde no haya problemas de bajas tem peraturas. Insertar la punta de la manguera de llenado en la pun ta del TUBOSELLO, más allá del dobléz a 40° con la punta opuesta- del TUBOSELLO ensartada y sin apretar las tuercas.

j) Admitir líquido hasta haber completado como la cuarta parte de la cantidad tubulada como necesaria para el lleando total. Efec- tuar una total revisión del TUBOSELLO desprendiendo la bada de -- desgaste de tres en tres tornillos y checando que el TUBOSELLO es té liso, sin arrugas ni torceduras. La banda se fijará de nuevo - con sus tres tornillos antes de desprender los siguientes tres.

k) Continuar llenando otra cuarta parte y efectuar una nueva revi sión, y así sucesivamente hasta que el TUBOSELLO se encuentre to- talmente lleno, lo cual generalmente se logra con 80% de las can- tidades tubuladas para el llenado total.

l) Hacer una revisión cuidadosa del sello total por la parte in- ferior del pontón después de transcurridas unas 24 horas del lle- nado. Señales de humedad obligarán a una nueva revisi ón y repara ción del TUBOSELLO.

m) Comprobado que el TUBOSELLO está bien colocado y hermético, se podrá proceder a colocar las placas de protección contra lluvia en el orden indicado en el plano de detalle, fijándolas con las barras de fijación y sus tornillos que prensarán las puntas del TUBOSELLO.

n) Verificar de nuevo que toda rebaba, borde, cordón de soldadura chisporroteo, etc., en el parte interior del cuerpo del tanque ha ya sido alisada totalmente, tanto en el cuerpo arriba del sello como debajo del mismo, ya que en operación bajará considerablemente el techo del nivel del montaje.

o) Inspeccionar cuidadosamente que no han quedado burros, herramientas, andamios, etc., en el interior del tanque, y barrer el fondo cuidadosamente hasta dejarlo limpio.

p) Conectar y probar hermericidad del sistema de drenaje del diafragma, con lo cual queda terminado el montaje del techo flotante.

#### Prueba hidrostática del tanque y de operación del techo.

Se ha de efectuar entonces la prueba total del tanque, llenándolo con agua hasta desbordarse y observando cuidadosamente la cara superior del diafragma y el interior de los pontones, para determi-

nar si no hay fugas. Durante este recorrido del techo, podrá liberarse algo de líquido del TUBOSELLO, para lo cual se han dejado las puntas sin pensar. Se subirán los postes para permitir que el techo baje a su posición de operación, insertando el pasador en el agujero más bajo del poste. Concluido el recorrido se colocarán las placas protectoras faltantes y las barras de fijación del TUBOSELLO.

### 3.15 ESPECIFICACIONES PARA PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

( VER ANEXO A )

#### PREPARACION DE BISELES - UNIONES VERTICALES - SOLDADURA MANUAL

##### A) Procedimiento PDM 46-171

Primer paso E-6010

Siguientes pasos E-7018 vertical hacia arriba

Preparación para placas hasta 3/4" : Bisel sencillo 20° en cada placa con hombre 1/8"

Preparación para placas arriba de 3/4" y hasta 1 1/2": Bisel doble 40° cada placa, con hombre 1/8"

##### B) Procedimiento PDM 46-171

Todos los pasos con E-7018 Bajo Hidrógeno.

Preparación para placas hasta 3/4" Bisel sencillo 20° en cada placa con hombre 1/8"

Preparación para placas arriba de 3/4" y hasta 1 1/4" : Bisel doble 25° exterior, 30° interior con hombro de 1/8"

### UNIONES HORIZONTALES - SOLDADURA ARCO SUEMERGIDO

Procedimiento PDM 61-7

Preparación para placas hasta 7/16": Sin bisel, abertura de 1/16".

Preparación para placas arriba de 7/16" hasta 5/8" Bisel sencillo solamente en placa superior, a 30° con hombro 1/8" y 1/16" de - - abertura.

Preparación para placas arriba de 5/8" hasta 1 1/2": Bisel doble solamente en placa superior, a 40° en cada lado con hombro 1/8" - y 1/16" abertura.

### SOLDADURA DEL FONDO - SOLDADURA MANUAL

Procedimiento PDM 72-51

Soldadura de traslape, cara superior solamente, en placa 1/4" con tantos pasos como sean necesarios para completar el filete.

### SOLDADURA DEL DIAFRAGMA - SOLDADURA MANUAL

Procedimiento PDM 72-51

Soldadura de traslape, cara superior en placa 3/16" con electrodo 7024 y en cara inferior puntos como indica la Fig. 24

### SOLDADURA DEL DIAFRAGMA - SOLDADURA SEMI-AUTOMATICA

Procedimiento PDM 69-8

Soldadura de traslape, cara superior solamente con innershield, alambre 5/64"

Toda la demás soldadura; incluyendo boquillas de cuerpo y techo - escaleras, plataformas, serán con electrodos recubiertos manual - según requiera la posición.

NOTA: En las placas del cuerpo, la preparación de las orillas será acompañada de una aplicación manual con brocha ( espesor aproximado 10 mils(0. 010" ) de Deoxyalu minite, hasta por lo menos 50 mm de la cuchilla, para proteger el metal contra la corrosión.

NOTA: No se permitirán placas de relleno o " pescados " en las --

uniones de las placas del cuerpo, con objeto de mantener -- las medidas de diseño del conjunto.

### 3.16 TOLERANCIAS APLICABLES A TANQUE 500,000 BLS

BASE : API 650 Sección 54

#### a) Verticalidad

La máxima desviación de verticalidad de la pared del tanque en su boca con respecto a la parte inferior del primer anillo será 75 mm hacia adentro o hacia afuera

#### b) Redondez

La variación máxima del radio del tanque con respecto a su radio-nominal, medida tomada 300 mm. arriba de la orilla inferior del primer anillo, será de más o menos 32 mm.

#### c) Distorsión de uniones verticales

Verificando con una plantilla curva de 900 mm. de largo, las pla-

cas en las uniones verticales no se hundirán o levantarán más de 13 mm de la superficie cilíndrica teórica.

d) Distorsión de uniones horizontales

Verificando con una regla de 900 mm de largo, las placas en las uniones horizontales no se hundirán o levantarán más de 13 mm. de una línea vertical.

e) Cimentación

La cara superior del anillo de concreto estará nivelados con una variación máxima en más o menos de 3 mm. en 10 metros de circunferencia y de más o menos 5 mm. en cualquier punto de la circunferencia, relativo al nivel nominal de la cimentación.

f) Mediciones

Todas las medidas anteriores serán tomadas antes de que se efectúe la prueba hidrostática del tanque.

### 3.17 PINTURA

#### ESPECIFICACION Y SECUENCIA EN APLICACION DE LA PINTURA INTERIOR

- 1.- Pintura de acuerdo con especificaciones de norma Pemex - - - 2.132.01, 3.134.01, 4.32.01 y 5.132.01 que nos indica el RP y RA permitidos ( Pintura inferior de tanques para crudo del --cretacico ).
  
- 2.- Iniciar el trabajo de pintura a interior cuando se ha terminado:
  - a) Armado y Soldado del fondo
  - b) Pruebas del fondo
  - c) Armado y Soldado del diafragma del techo
  - d) Armado y Soldado de la envolvente
  - e) Limpieza y resane general del interior del tanque.
  
- 3.- Pintura inferior del diafragma, pontón y fondo, y envolvente por el lado interior ( todo lo que esté en contacto con el --crudo ).
  - a) La pintura se hará antes de hacer la prueba de flotabilidad e hidrostática del cuerpo.

- b) No armar el sello y la banda de protección antes de haber terminado la pintura inferior y superior del diafragma.
- c) Las láminas del diafragma previo al armado llevarán la pintura que la norma fija. Los resanes de pintura necesarios por la aplicación de soldadura, entre otros, se harán complemento de terminación.

#### 4.- Pintura exterior de la envolvente

- a) Iniciar esta etapa cuando se ha terminado totalmente la pintura interior y los resanes y limpieza de rebabas de soldadura.

5.- El armado del TUBOSELLO para la prueba final del tanque se hará en paralelo a la etapa de pintura exterior, siempre y cuando la arena que arrastre el viento lo permitan.

### 3.18 PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL TANQUE

La prueba hidrostática del tanque es la culminación de los conceptos que intervienen en el armado, obtendremos con la prueba: la integración de los esfuerzos mecánicos creados por las tensiones y

contracciones del armado y soldadura de los componentes del tanque y la seguridad de operar en condiciones inferiores a las creadas para prueba hidrostática con agua.

La prueba por fugas que hubiera en el fondo y el cuerpo quedan -- descartadas por las pruebas riadiográficas y neumáticas hechas durante el curso de la erección.

La flotabilidad del techo es determinante en la operación de este tipo de tanques y de preferencia deberá probarse con equipo capaz de manejar un gasto similar al de llenado y vaciado en operación normal de diseño.

En el caso de que el terreno se haya consolidado con precarga, -- consultar con el Depto. de Geotécnia, con objeto de que den indicaciones sobre el llenado del tanque para la prueba hidrostática.

Para esta prueba hidrostática, se requieren  $79,500 \text{ M}^3$  con lo que requerimos 92 Lts/seg. durante las 24 horas del día y por 10 días

### 3.19 COMPLEMENTARIOS

1.- No se permitirá soldar en la envolvente sin la debida protec-

ción contra el viento.

2.- No se permitirá soldar con ambiente húmedo.

3.- No se permitirá aplicar ningún recubrimiento o pintura con ambiente húmedo.

4.- No se ejecutará ninguna fase de construcción sin la presencia del Supervisor autorizado.

5.- Al inicio y durante toda la construcción, se llevará un requisito o bitácora de todos los envoltentes diarios, firmando como constancia los representantes del constructor autorizado.

6.- La inspección radiográfica deberá efectuarse, utilizando unidades con Rayos X de preferencia.

7.- La soldadura que une la placa anular con el primer anillo, se inspeccionará con líquidos penetrantes o con caja de vacío.

8.- Por separado se llevará una bitácora para asuntos del contrato.

9.- La soldadura de la placa anular se inspeccionará con 100% de radiografiado y con caja de vacío.

## CAPITULO IV

PRINCIPALES PROBLEMAS PRESENTADOS EN LA UTILIZACION DE TANQUES --  
VERTICALES DE CUPULA FIJA.

## Mantenimiento

4.1 Los principales problemas que se presentan en el sistema de almacenamiento de petróleo crudo para proceso de refinación llevado a cabo en tanques de cúpula fija son los siguientes:

Corrosión interna del tanque debido a la presencia de humedad y sulfídrico ( $H_2S$ )

Reparaciones frecuentes ( cambio de materiales que conforman el tanque ) ocasionados por el fenómeno de corrosión.

Problemas propios de operación del tanque

Seguridad del personal

Para mayor comprensión del problema se hará una descripción de cada uno de los incisos arriba mencionados.

Corrosión interna del tanque por presencia de  $H_2S$  y humedad contenido en el petróleo crudo.

Es un hecho común que durante la operación de plantas e instalaciones en la industria se observe la gradual destrucción de los materiales en la construcción de equipos, tanques, depósitos, líneas de conducción, etc.

Normalmente éstos efectos se atribuyen al fenómeno de corrosión.

Los costos excesivos que resultan del mantenimiento y/o reposición de las instalaciones afectadas por este fenómeno sugieren buscar una solución a este problema.

Con frecuencia la corrosión se confunde con un simple proceso de oxidación siendo en realidad un problema más complejo el cual puede puntualizarse como la gradual destrucción y desintegración de los materiales debido a un proceso electroquímico o de erosión debido a la interacción del material con el medio que lo rodea.

Para el caso del fierro y del acero que son los materiales de construcción más comunes, el proceso de corrosión considera la formación de pequeñas pilas galvánicas en toda la superficie expuesta presentándose un flujo de electrones de las zonas anódicas

donde se descubre el fierro hacia las zonas catódicas donde se --  
desprende hidrógeno o se forman iones hidróxilo; para cerrar el -  
circuito eléctrico se requiere la presencia de un electrolito, --  
proporcionado por el medio ambiente. ( Ver figura No. 27 )

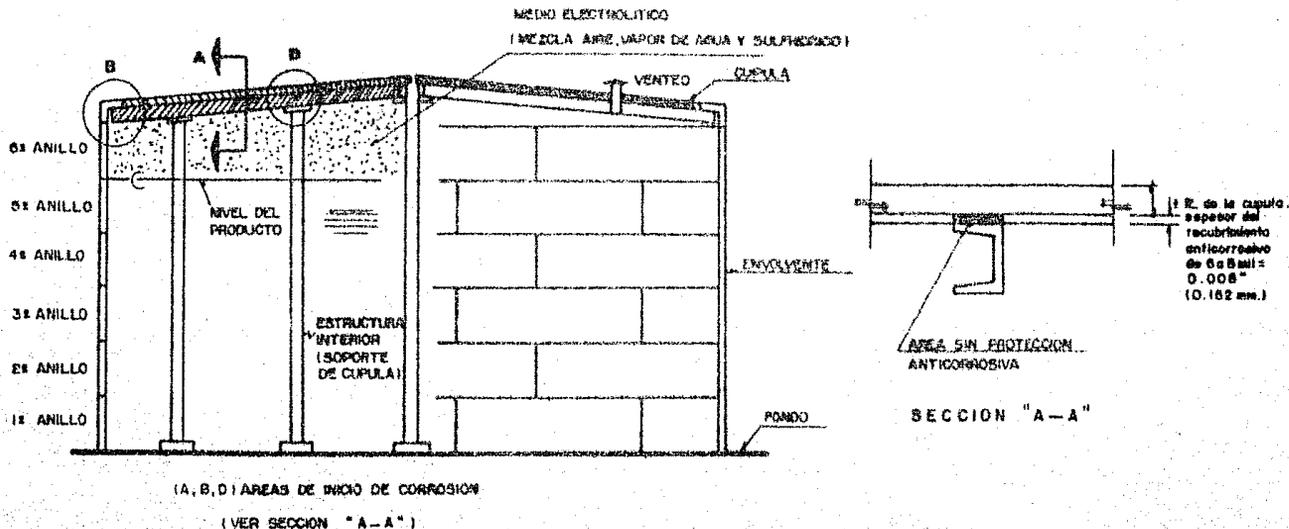
La presencia del  $H_2S$  ( Acido Sulfhídrico ) y la humedad conteni--  
dos en el petróleo crudo son los agentes corrosivos que provoca--  
rían fallas en el interior del tanque. ( Ver figura No. 27 )

#### Reparaciones ocasionadas por la corrosión

Estas reparaciones son originadas a causa de la corrosión, los ma--  
teriales se deterioran por lo que se hace necesario la reposición  
de materiales en tiempos de operación relativamente cortos.

Cabe hacer mención, que los tanques que se encuentran en opera--  
ción les han sido cambiados 2 anillos ( 5° y 8° anillo ), estruc--  
tura y cúpula, en la refinería de Tula, Hgo.

Debido a que representa un problema sacar de servicio estos tan--  
ques, las reparaciones se hacen cuando la planta de destilación -  
combinada es reparada ( cada 2 ó 3 años aproximadamente ) o cuan--  
do representa un riesgo operar los tanques con sus componentes de



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN	
L. O. SANTILLAN V. J. J. GUTIERREZ O.	TESIS PROFESIONAL
FIG. No. 27	DISEÑO TIPO DE TANQUES VERT. DE CUPULA FIJA.
ACOT.	
FECHA:	

teriorados.

### Problemas propios de la operación del tanque

Cuando se lleva a cabo el proceso de llenado del tanque, se llegan a presentar averías como consecuencia de una velocidad no controlada en el suministro del producto a almacenar.

Si la velocidad de llenado es mayor a la especificada para expulsión de gases y aire a gasto máximo, se originará una sobre presión en el interior del tanque que afectará las soldaduras más débiles que por lo regular se localizan en los anillos superiores y la unión del ángulo de coronamiento y el techo.

Dependiendo de la frecuencia con que se presente este problema -- estas soldaduras estarán sometidas a esfuerzos constantes, por lo que en un momento dado puede haber una fractura o en su defecto -- una deformación permanente con la cual se verá afectada la protección anticorrosiva por agrietamiento.

En el proceso de vaciado básicamente se presentan los mismos problemas que en el proceso de llenado.

Con la diferencia de que con el vaciado el tanque es más susceptible a sufrir deformaciones permanentes debido a presiones de vacío.

A causa de estas deformaciones, se presenta el desprendimiento de la capa anticorrosiva en esa zona y por consiguiente ser una área factible de corroer.

#### Problemas con la seguridad del personal.

El problema mayor que representa la operación de éstos tanques para el personal, es la presencia de ácido sulfhídrico en el medioambiente cercano al área de almacenamiento.

Este producto es sumamente tóxico por lo que se requiere usar - - equipos de protección para trabajar en las áreas que ocupan estos tanques.

Podemos concluir que con el sistema de almacenamiento, Tanques - Cilíndricos Verticales Cúpula fija, se tienen bastantes fallas y desventajas para mantenerlo en operación.

Resulta poco eficiente en cuanto a eficiencia de operación por la constante corrosión a la que está sometido y por consiguiente en los materiales su vida útil se ve constantemente amenazada.

Las reparaciones frecuentes a las que son sometidos estos sistemas de almacenamiento, disminuyen la productividad de la planta, ya que los otros tanques de apoyo se verán sobrecargados por la causa del mantenimiento del tanque en cuestión.

Además de que la operación de éste sistema es poco confiable para manejar estos productos como el petróleo crudo por la viscosidad tan alta que tiene puesto que si se extrae el producto con una velocidad mayor a la que está diseñado, se corre el riesgo de deformarlo por presiones negativas, que por lo regular sucede en muchas ocasiones este problema.

En cuanto a seguridad del personal de operación, se tiene la presencia constante de sulfhídrico que como ya mencionamos, es un producto muy peligroso para la salud de los trabajadores de operación.

Con los problemas presentados, se les buscará una posible solución al sistema con el fin de mantenerlo en operación o bien determinar el diseño de un nuevo sistema de almacenamiento que pres

te un mejor servicio a las necesidades de la planta.

Al hablar de buscar una nueva solución al sistema de almacenamiento a base de tanques verticales de cúpula fija como se pretende inicialmente mantenerlo en operación, se plantea en base a los costos que ocasiona darles mantenimiento.

#### 4.2 MANTENIMIENTO

Para comprender un poco más lo que nos indica el mantenimiento, se hará una descripción del concepto:

Podemos considerar que el mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún artefacto, equipo o método, a fin de conservar el servicio para el cual fue diseñado.

Desde el punto de vista administrador el objetivo del mantenimiento es la conservación ante todo del servicio que están suministrando los equipos, maquinaria, etc.

#### 4.3 FACTORES DE MANTENIMIENTO

Por tal motivo, se deben equilibrar en las labores de mantenimiento

to tres factores esenciales:

- \* Calidad económica del servicio.
- \* Duración adecuada del equipo.
- \* Costos mínimos de mantenimiento.

#### 4.4 COSTOS DE MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista de costo, estos tres factores nos muestran que existe un costo total de servicio, el cual es el resultado de:

- \* Costo inicial del equipo considerando su depreciación.
- \* Costos de mantenimiento considerando su incremento.
- \* Costos de las fallas de servicio.

Debemos considerar que la compra de un buen equipo, nos acarrea - costos muy elevados, sobre todo porque inicialmente su depreciación es muy acelerada, pero dicho equipo va a necesitar menos gastos por mantenimiento y también se tendrán menor número de fallas.

Por lo que respecta a los costos de mantenimiento, además de irse incrementando con el tiempo el valor de la mano de obra, también el desgaste del equipo es mayor, exigiendo más mano de obra por-

obra por mantenimiento, así como reposición de materiales que en época actual no mantienen un precio fijo y que tienden a subir a intervalos de tiempo relativamente cortos.

Conforme se va avejentando el equipo, sus componentes van sufriendo desgastes o cambios en sus condiciones físicas o químicas que necesariamente obligan a un aumento en la frecuencia de fallas -- del servicio y por tanto se pierde el ingreso que origina la prestación del mismo.

#### 4.5 FUENTES DE FALLAS DE UN EQUIPO

Las fallas que se originan en un equipo o son ocasionadas generalmente por:

**EQUIPO MISMO.** - Se convierte en causa de posibles fallas dependiendo de las propiedades eléctricas, mecánicas de sus partes; la calidad de los materiales, la calidad del diseño, etc.

**MEDIO AMBIENTE.** - Es un factor que origina fallas cuando es agresivo por ejem: humedad, temperatura, polvo, humo, salinidad o acidez, etc.

**PERSONAL DE CONSTRUCCION.** - Se deberá seleccionar al personal capa

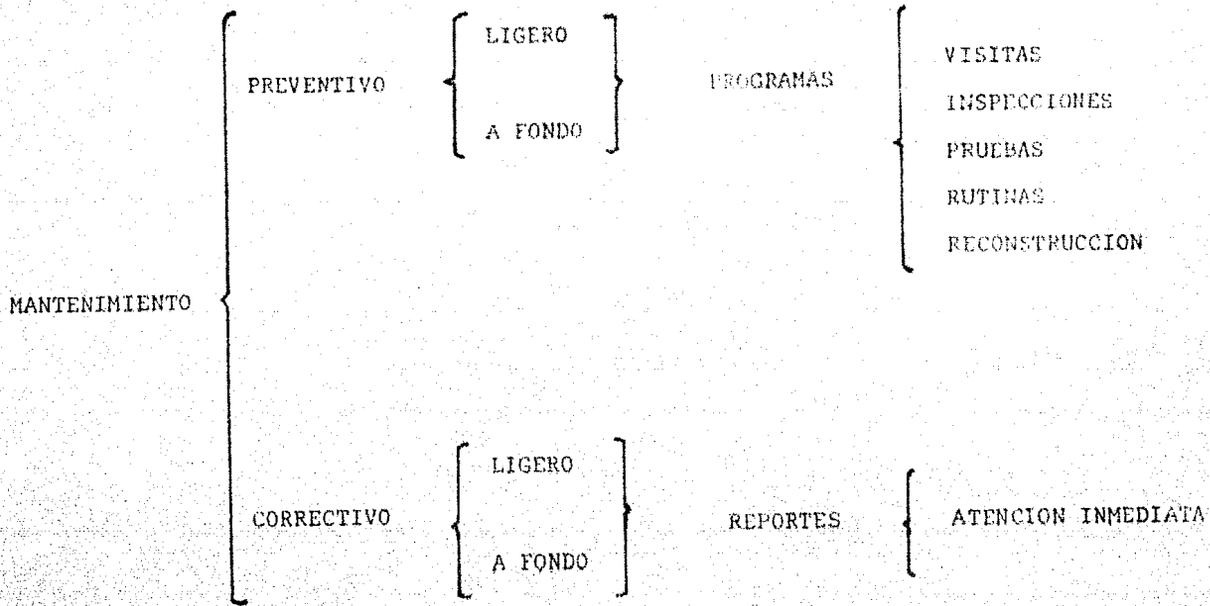
citado a fin de construir el equipo dentro de las normas que indique el fabricante para tener el mejor servicio con la calidad deseada.

PERSONAL DE OPERACION.- También será una fuente de fallas si maneja mal su equipo.

De todo lo anterior, podemos concluir que el principio esencial del mantenimiento es que todo equipo deberá ser reparado lo menos posible.

Los trabajos de mantenimiento exigen calidad y sobre todo la aplicación de un criterio económico profundo pues en ocasiones es preferible realizar una inversión grande y no estar haciendo constantemente reparaciones que conforme pasa el tiempo el costo por éstas se incrementa y el equipo nos seguirá dando problemas, no así con un equipo de mayor calidad y que reducirá los costos por mantenimiento y operación.

La división del mantenimiento, se muestra en el siguiente cuadro. Tabla 10.



T A B L A No. 10

#### 4.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo, consiste en una serie de trabajos - que es necesario desarrollar en algún equipo o instalaciones para evitar que esta pueda interrumpir el servicio que proporciona. Esta serie de trabajos, generalmente se toma de las instrucciones que dan el personal de inspección y seguridad de la planta.

La clase de éstos trabajos varía, pero se pueden subdividir en - dos grandes grupos, el primero de los cuales estará formado por trabajos que no necesiten de conocimientos profundos para ser -- atendidos, ( Mantenimiento Preventivo Ligero ) y el segundo grupo lo formarán los trabajos en los cuales es necesario el empleo de personal especializado.

La ejecución del mantenimiento preventivo que se realiza en la - Refinería, ya sea ligero o a fondo se lleva a cabo por medio de programas, es decir debe planearse, por eso éste es más barato - que el Mantenimiento Correctivo.

Estos programas se subdividen en:

1. Programas de Visitas

2. Programas de inspecciones, pruebas y rutinas.

\* Programas de reconstrucción.

Programas de visitas

Estas son listas de los lugares o equipos a los cuales deben dirigirse el personal de mantenimiento de acuerdo con la frecuencia que se haya estimado necesario para desarrollar los trabajos de mantenimiento recomendado por el fabricante y la propia experiencia de los técnicos de mantenimiento.

a).- Es necesario usar dos tipos de programas de visita a largo y corto plazo.

El primero debe ser anual, preparado por el Jefe de Mantenimiento y será el resultado de una junta de planeación del mantenimiento, en la que intervengan los supervisores de mantenimiento e inspección y seguridad de mayor nivel. Se discutirá la cantidad y calidad de trabajo a desarrollar en cada visita. Se determinarán las horas hombre necesarias y el orden de prioridad de cada una de éstas.

b).- El segundo se hará mensualmente, lo elaborará el supervisor de mantenimiento, que abarque las labores del mes siguiente-

entregándolo a su personal de mantenimiento comprobando posteriormente que se esté cumpliendo con lo previsto.

Buenos programas de visitas aseguran la atención adecuada de las instalaciones a mantener debiendo complementarse con buenos diagnósticos y mano de obra del personal de mantenimiento, lo que se traduce en inspecciones eficientes, pruebas útiles y rutinas bien ejecutadas.

Es muy importante tomar en cuenta que no debe arreglarse o simplemente limpiarse un equipo sino hasta que esté uno seguro de lo que necesita, ésto lo demuestra el propio equipo a mantener.

A través de las inspecciones y pruebas que el personal de mantenimiento e inspección y seguridad debe hacer a fin de comparar el grado de confiabilidad que presenta en esa fecha con el recomendado por el fabricante y el especialista en mantenimiento.

Por lo tanto es peligroso y al mismo tiempo inútil empezar con la limpieza, los arreglos o cambios de materiales antes que con las inspecciones.

También debe comprobarse que el costo por concepto de visitas y en general por mantenimiento preventivo sea más bajo que los cos

tos que redundarían de la paralización del trabajo por avería -- del equipo en cuestión.

Programas de inspecciones, pruebas y rutinas:

Son listas que indican las partes de un equipo o instalaciones - que hay que inspeccionar, probar o rutinar.

Generalmente se presentan formas para anotaciones sencillas du-- rante todo un año.

a).- Cada año se cambiará por un nuevo programa.

Debiendo ser estudiado el anterior para comprobar si la fre-- cuencia de las visitas es la adecuada, ya que económicamente la-- empresa se ve afectada tanto si son muchas visitas ( daños míni-- mos ) como si son pocas ( daños muy repetidos )

b) Para facilitar el diagnóstico se tienen en dicho programa - dos columnas para indicar si es mantenimiento preventivo o co-- rrectivo. ( Falla en el servicio que presta el equipo ).

Por lo que al término de cada año, se comparan éstas anotaciones

entre sí y podrá analizarse con facilidad si la frecuencia de visitas es la adecuada tomando en cuenta otros factores tales como la edad y calidad del equipo, cantidad de trabajo a la que está-sujeto, condiciones de operación, etc.

#### Programas de reconstrucción :

Estos programas se formulan con los reportes de inspección, en - los cuales muestran los problemas originados por el envejecimien-to de nuestros equipos, sistemas, etc.

Es precisamente este trabajo el que debe de ser programado como-labores de reconstrucción para volver a poner a nivel aceptable-de operación nuevamente.

#### 4.7 MANTENIMIENTO CORRECTIVO:

Se dice que el Mantenimiento Correctivo es la serie de activida-des que hace necesario ejecutar en las instalaciones a nuestro - cuidado, cuando dejan de proporcionar el servicio para el cual - han sido diseñados.

El mantenimiento correctivo, se controla por medio de reportes - como " Equipo fuera de servicio ", los cuales deberán ser atendidos de inmediato, ya que significa siempre el paro de un servicio. Este tipo de mantenimiento por su falta de planeación y -- programación resulta ser por lo regular el más caro.

Ahora bien, refiriéndose al problema planteado, se sabe que el - mantenimiento preventivo resulta ser trabajos que permiten a - - nuestros equipos seguir en operación sin llegar a quedar fuera - de servicio.

En la Fig. No. 27, se muestra un detalle de un tanque de cúpula<sup>\*</sup> fija con almacenamiento de petróleo crudo. Se puede observar -- que cuando se encuentra en un nivel medio, la acumulación de vapor de agua y sulfhídrico actúan en toda la parte interior de la cúpula y la parte superior del tanque.

En esta área se encuentran las zonas más débiles del tanque en - donde se inician las fallas del material, debido a causas como - pueden ser:

\* RASPADURAS, GRIETAS, CUARTEADURAS DE LA PROTECCION ANTICORROSIVA.

\* AREAS SIN PROTEGER CON PROTECCION ANTICORROSIVA

\* DEFORMACIONES POR MALA OPERACION.

Estas fallas se irán incrementando conforme se tiene en operación éstos equipos no pudiéndoseles programar para mantenimiento proeventivo por los problemas que provocan y que a continuación se enumeran.

TIEMPO : Se requiere aproximadamente un mes en hacer limpieza total del recipiente a fin de dejarlo en condiciones de efectuar trabajos de reparaciones.

SOBRECARGA: Se trabajan con sobrecargas los otros tanques a fin de manejar el volumen requerido de suministro de la materia prima a la planta.

**MANTENIMIENTO**

PREVENTIVO: Debido al poco tiempo asignados a esta actividad, se corre el riesgo de no hacer el trabajo con una buena calidad, por lo que probablemente se tendría que sacar fuera de operación por fallas presentadas antes del período de mantenimiento correctivo.

Debido a éstos problemas, se programa por lo general Mantenimiento correctivo a estas instalaciones antes de sacar a reparación la planta principal de procesamiento a fin de que cuando sea re-

parado el sistema de almacenamiento se encuentre en operación --  
nuevamente; cuando sea reparada la planta y así iniciar la opera-  
ción en el menor tiempo posible.

Los costos originados por un mantenimiento correctivo, se mues-  
tran a continuación:

Los cálculos se harán con respecto a una reparación efectuada re-  
cientemente ( 01.08.85 ). en la Ref. Miguel Hidalgo " Se maneja-  
rán (P.U.)\_ precios unitarios, que incluyen todos los trabajos -  
requeridos para la terminación de un concepto. Los precios uni-  
tarios son obtenidos del catálogo de precios unitarios de PEMEX-  
para pago a contratistas, con vigencia 01. 08. 84. Estos pre- -  
cios unitarios incluyen el costo por materiales, mano de obra, -  
equipo y herramienta y costos indirectos.

#### 4.8 ACTIVIDADES O TRABAJOS DE REPARACION DE UN TANQUE VERTICAL - DE CUPULA FIJA CON CAPACIDAD DE 31,800 M<sup>3</sup>.

Servicio: petróleo crudo

Diámetro Interior: 55.08 Mts.

Altura Total: 14.63 Mts.

Envolvente formada por 6 anillos de 2.4384 Mts. de altura cada -  
anillo.

## Lista de materiales deteriorados:

5° Anillo : Placa 8 mm espesor ( Rolada )  $62.2 \text{ Kg/m}^2$

6° Anillo : Placa 8 mm espesor ( Rolada )  $62.2 \text{ Kg/m}^2$

Angulo de Coronamiento: 76 mm x 76 mm x 10 mm espesor  $10.72 \text{ Kg/m}$

Estructura : Canal 203 mm  $31.62 \text{ Kg/m}$ .

IPR 254 mm x 152 mm x  $37.7 \text{ Kg/m}$

Cúpula : Placa 5 mm. espesor  $37.35 \text{ Kg/m}^2$

Placa ASTM - A283 GrC

$$S_y = 2,110 \text{ Kg/cm}^2$$

Estructura ASTM-A-36

$$S_y = 2,530 \text{ Kg/cm}^2$$

Desmantelamiento sin recuperación de material.

P.U. 9.00 \$/Kg.

$$Pl \ 5 \text{ mm} \ \rightarrow \ 62.2 \text{ Kg/m}^2$$

Peso del 5° Anillo:

$$h = 2.4384 \text{ mts.}$$

P = Perímetro

D = Diámetro Interior

h = Altura del Anillo

A = Area del material a desmantelar.

$$P = \pi(D) = 3.1416 (55.08) = 173 \text{ Mts.}$$

$$A = P (h) = 173 \text{ mts.} (2.4384 \text{ mts.}) = 421.84 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso } 5^\circ \text{ Anillo} = A (62.2 \text{ Kg/m}^2) = 421.84 (62.2) = 26,238 \text{ Kgs.}$$

Peso 6° Anillo = Idem que 5° Anillo = 26,238 Kgs.

Coronamiento: 76 mm x 76 mm x 10 mm = 10.72 Kg/m.

$$P = 173 \text{ mts. } ( 10.72 \text{ Kg/m } ) = 1,855 \text{ Kgs.}$$

Estructura : Peso total 70,000 Kgs.

Cúpula : placa 5 mm - 37.35 Kg/m<sup>2</sup>

$$A = \frac{\pi ( D )^2}{4} = \frac{3.1416 ( 55.08 )^2}{4} = 2382.75 \text{ m}^2$$

$$\text{PESO} = A ( 37.35 ) = 2382.75 ( 37.35 ) ( 1.02 ) = 90,800 \text{ Kgs.}$$

NOTA: 2% por traslapes

PRECIO DE MATERIALES : VIG. 01.08.84

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.:	PESO :	TOTAL :
PLACA ROLADA	Kg.	185.00	52,476	9,708,060.00
PLACA SIN ROLAR	Kg.	145.00	90,800	13,166,000.00
PERFILES ESTRUCTURALES	Kg.	150.00	71,855	<u>10,778,250.00</u>
				33,652,310.00

Desmantelamiento sin recuperación de material:

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.	PESO:	TOTAL:
5° y 6° ANILLO	Kg.	9.00	52,476	314,856.00
Estructura	Kg.	9.0	71,855	646,695.00
Cúpula	Kg.	9.00	90,000	<u>817,200.00</u>
				1,778,751.00

Fabricación de estructura a base de perfiles estructurales:

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.	PESO:	TOTAL:
MONT. ESTRUCTURA	Kg.	32.00	71,855	2,299,360.00

Montaje de 5° y 6° Anillos:

Concepto:	UNIDAD:	P.U.	PESO:	TOTAL :
MONTAJE DE 5° y 6° ANILLOS	Kg.	66.00	52,476	3,463,416.00

Montaje de Cúpula:

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.	PESO:	TOTAL :
MONTAJE DE CU- PULA	Kg.	50.00	90,800	4,540,000.00
			SUB - TOTAL	50,188,847.00

Limpieza comercial interior con chorro de arena :

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U. :	AREA:	TOTAL :
ENVOLVENTE	M <sup>2</sup>	660.00	2,530	1,416,800.00
ESTRUCTURA	M <sup>2</sup>	510.00	1,300	663,000.00
FONDO	M <sup>2</sup>	560.00	2,382	1,333,920.00
CUPULA	M <sup>2</sup>	560.00	2,382	<u>1,333,920.00</u>
				4,747,640.00

Limpieza comercial con chorro de arena:

LIMPIEZA

4°, 5°, 6° :	UNIDAD :	P.U.:	AREA :	TOTAL :
ANILLOS				
Exterior	M <sup>2</sup>	415.00	1,265 M <sup>2</sup>	524,975.00
Cúpula Ext.	M <sup>2</sup>	415.00	2,382 M <sup>2</sup>	<u>988,530.00</u>
				1,513,505.00

Aplicación de recubrimiento primario a base de epoxi-alquitrán - de hulla catalizado con poliamida. 2 capas de 3 mil (0.003") espesor.

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.	AREA:	TOTAL :
Envolvente Int.	M <sup>2</sup>	1,700.00	2530	3,289,000.00
Fondo	M <sup>2</sup>	1,300.00	2382	3,096,660.00
Cúpula Int.	M <sup>2</sup>	1,300.00	2382	3,096,660.00
Estructura	M <sup>2</sup>	1,300.00	1300	<u>1,690,000.00</u>
				11,172,200.00

Aplicación de primario en el exterior a base de cromato de zinc, vinil alquidálico.

2 CAPAS DE 1.5 MIL ( 0.0015" ) ESPESOR

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.:	AREA:	TOTAL
4°, 5°, 6°, ANILLO				
EXTERIOR	M <sup>2</sup>	490.00	1,265	619,850.00
CUPULA	M <sup>2</sup>	490.00	2,382	<u>1,167,180.00</u>
				1,787,030.00

Aplicación de recubrimiento a base de esmalte alquidálico brillante ( acabado ) 2 capas de 3 mil ( 0.003" ) espesor

CONCEPTO:	UNIDAD:	P.U.	AREA:	TOTAL:
4°, 5°, 6°, ANILLO				
EXTERIOR	M <sup>2</sup>	1,100.00	1265	1,391,500.00
CUPULA	M <sup>2</sup>	1,100.00	2382	<u>2,620,200.00</u>
				4'011,700.00
			SUB-TOTAL :	23'232,075.00

COSTO TOTAL DE REPARACION :

REPARACION MECANICA : 50'189,847.00

PROTECCION ANTICORROSIVA: 23'232,075.00

\$ 73'420,922.00 CON VIG. 01.08.84.

Considerando un 5% mensual de inflación en los costos, a agosto de 1986 tendría un costo de 148'310,024.00

## A N E X O - A -

## TIPOS DE ELECTRODOS Y SU USO

## ELECTRODOS E - 6010

Los electrodos E-6010, E-6011, E-6012, E-6013, E-6020, E-6030 no serán efectivos si estan demasiado secos. Requieren alrededor - de 4% de humedad y no pueden tratarse como los electrodos tipo - E-7018. El secado es una proporción de tiempo y temperatura. En la fábrica debido a que los electrodos viajan muy rápido a tra-- ves del horno, la temperatura de este es de 232°C - 260°C. Los- electrodos son después empacados en cajas a 60% de humedad rela- tiva  $\pm$  10%. Lo que sigue son las reglas para recuperar electro- dos humedos en los cuales el revestimiento no está agrietado ni- astillado.

## REACONDICIONAMIENTO

<u>PASO</u>	<u>PROCESO</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>TIEMPO</u>
1	DESHUMIDIFICACION	71°C $\pm$ (-6.7°C)	1 hora*
2	REHORNEADO	116°C $\pm$ (-12.2°C)	1 hora

NOTAS \* Evitar la ebullición.

## A N E X O - A -

ALMACENAMIENTO DE ELECTRODOS

Todos los electrodos envasados cuando se reciban en las obras, -  
deberán revisarse si llegan dañados.

Cualquier envase que llegue severamente combado o que tenga agujeros que descubran los electrodos, deberán ser rechazados. Los envases que se consideren aceptados deberan almacenarse en un lugar seguro y seco.

Después que es abierto un envase, los electrodos deberan almacenarse a la temperatura apropiada. Esta temperatura depende del tipo de electrodo.

La siguiente tabla enlista varios tipos de electrodos de uso común con la temperatura a la que deberan ser almacenados. Cuando se use un electrodo no incluido en la lista, debe consultarse -- con el fabricante la temperatura apropiada a la que deberá almacenarse.

ELECTRODO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO ° C	
E-6010	32	80*
E-7018E-7018	93	177

ELECTRODO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO °C	
E-8015-B2L	93	177
E-308	93	177
E-310	93	177
E-316	93	177
E-16-8-2	93	177
E-320	93-177	177
E-410	93	177
E-502	93	177
E-347	93	177
E Ni Cr Fe-2	121	204
E Ni Cr Fe-3	121	204

Los electrodos que han sido sacados del horno de calentamiento -- por más de 10 horas, deberán ser reacondicionados ( ver hojas siguientes ). El soldador deberá retirar del horno unicamente los electrodos suficientes para consumirlos en un lapso de 4 horas de trabajo.

NOTA, - Los electrodos E-6010 y E-7018 nunca deberán almacenarse en el mismo horno.

\* Lámpara de calor (clima frío), Bulbo incandescente (clima cálido)

## A N E X O - A -

## REACONDICIONAMIENTO

## ELECTRODOS E-7018

Si el revestimiento de los electrodos no está agrietado o astillado pueden secarse en el mismo lugar de la obra. Esto llega a ser importante cuando los empaques son abiertos por inspectores o donde hay daños meteorológicos como ocurre con huracanes. Las mismas reglas se aplican también a los tipos E-6014, E-6024, E-6027, E-310-15, E-308-15 y otros revestimientos para electrodos del tipo de acero inoxidable.

Estos tipos se llaman de bajo hidrogeno y al ser bajos en hidrogeno se debe hacer un esfuerzo para remover el agua que químicamente contiene el hidrogeno.

No hay que preocuparse si el horneado dura mas tiempo que el especificado y si la temperatura es un poco mas alta, debido a que los electrodos son secados en la fabrica a 455°C y empacados a 50% maximo de humedad relativa.

## REACONDICIONAMIENTO

<u>PASO</u>	<u>PROCESO</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>TIEMPO</u>
1	DESHUMIDIFICACION	71 ± (-70)	2 horas *
2	REHORNEADO	371 ± 38 **	1 hora

NOTAS

\* Evitar la ebullición.

\*\* Alternativa 427°C - 482°C

La cantidad de polvo de hierro en el revestimiento de E-7018 es del rango de 25 a 35%

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES

## 5.1 CONCLUSIONES DE LOS CALCULOS DE FLOTABILIDAD DE UNA CUPULA FLOTANTE.

La flotabilidad del techo es muy amplia; de tal forma que resiste 0.254 Mts. columna de agua de diseño perfectamente. Por otra parte observamos que con 0.213 Mts. columna de agua alcanza el equilibrio inestable; ésto es que el peso del agua está en equilibrio con la fuerza de flotación y si llegara a rebasar la altura de 0.213 Mts. columna de agua más los 0.254 Mts. acumulados, la cúpula se comenzaría a hundir.

Todo lo anterior es considerando que el techo no tiene ninguna avería o fuga.

Si el diafragma se perforara; entraría el fluido almacenado hasta el nivel que se encuentra sumergido el techo por la ley de vasos comunicantes, bajando un poco el nivel de la cúpula por el volumen desplazado.

Por cálculo tenemos solamente que resistirá 0.021 Mts. columna -- del fluido almacenado, si no existen averías o filtraciones en el pontón y las boyas de la cúpula.

Se recomienda tomar las medidas necesarias para reparar inmediatamente alguna perforación del diafragma que nos pudiera provocar - este problema

Se calcula el número de boyas y compartimientos que serían necesarios hundirse complemente para que el techo llegara a hundirse; cosa que físicamente no es posible, ya que tendría que comenzar - el hundimiento por un lado de la cúpula originando una gran inclinación para que se inhunde el número de boyas y/o compartimientos calculados anteriormente.

De todo lo anterior, podemos concluir que el techo no se hundirá - si las boyas y el pontón trabajan perfectamente y sin filtraciones.

También como en los puntos anteriores, se recomienda que se tenga una vigilancia adecuada a boyas y pontones para que en el momento que se presente una anomalía se repare.

También se recomienda tener los drenes del techo en funcionamiento y abiertos.

## 5.2 CONCLUSIONES DE COSTOS DE REPARACIONES

Podemos concluir que los costos de reparación originados por las fallas ya mencionadas anteriormente, tienden a incrementarse como pasa el tiempo.

Así pues con estas características, el sistema resulta ser poco confiable en cuanto a operación y muy costoso en cuanto a mantenimiento.

Estas reparaciones se logran hacer cuando existe una sola planta de procesamiento de crudo y resulta factible programar reparaciones cuando se saca la planta a reparación, pero como necesitamos más capacidad de almacenamiento ya que en lo futuro tendremos -- dos plantas, entonces el sistema resultará ineficiente cuando se encuentren en operación dos plantas.

Como solución de éste problema, se determinó la construcción de tanques de almacenamiento de gran capacidad, resultando ser los tanques verticales de cúpula flotante de 500,000 barriles los -- más eficientes para el almacenamiento de petróleo crudo.

Las ventajas de usar tanques de cúpula flotante en el almacenamiento de petróleo crudo son las siguientes :

\* Evita la formación de mezclas de aire-vapor de agua y sulfhídrico debido a que el techo es del tipo de contacto, esto es el techo se encuentra flotando sobre el nivel del fluido almacenado.

Con este sistema, prácticamente se elimina el fenómeno de corrosión que es lo que nos provoca el deterioro de los materiales. ( Fig. No. 28 )

\* También nos facilita la inspección de la envolvente tanto por el interior que por el exterior, ya que se encuentra con un sello que evita la fuga de sulfhídrico entre el pontón y el cuerpo del tanque.

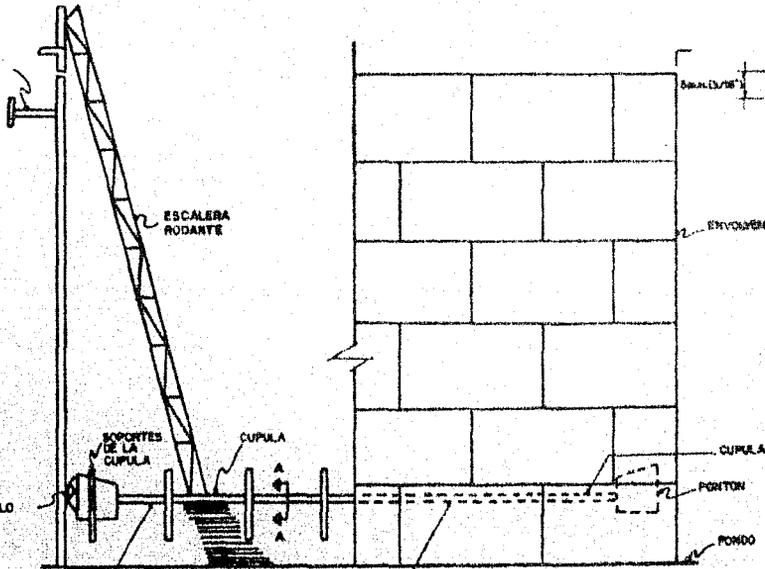
\* El costo por mantenimiento resulta más bajo.

\* Costos de operación más bajos.

\* Mayor seguridad para personal de operación.

Como todo equipo, tiene ventajas y desventajas, pero al parecer estos últimos tienden a ser mínimos por lo que finalmente se decidió autorizar la construcción de 2 tanques de almacenamiento de petróleo crudo con capacidad de  $79,500 M^3$ . cada uno.

REFUERZO PERIMETRAL



AREA DE CONTACTO ENTRE PRODUCTO ALMACENADO Y CUPULA (EVITA LA FORMACION DE MEZCLAS AIRE, VAPOR DE AGUA Y SULFURICO, QUE A SU VEZ ES EL MEDIO QUE ORIGNA LA CORROSION DEL ACERO)

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUMUTITLAN

L. G. SANTILLAN V  
J. J. GUTIERREZ G.

TEMA  
PROFESIONAL

FIG. No. 28

DISEÑO TÍPICO DE TANQUE VERT.  
DE CUPULA FLOTANTE

ACOT. MM

FECHA:

### 5.3 CONCLUSIONES GENERALES

La elaboración de nuevos estudios para detectar fallas en equipos que se encuentran en operación, nos llevan a la determinación de nuevos proyectos con el fin de optimizar los existentes o bien diseñar nuevos equipos para realizar el trabajo con mejores condiciones de operación. Tal es el caso que se presentó con la utilización de tanques verticales de cúpula fija para almacenar petróleo crudo, se venían observando que éstos recipientes crean contratiempos en el suministro del crudo a las plantas de proceso, por lo que se están eliminando éstos recipientes conforme se van construyendo los nuevos tanques de almacenamiento de cúpula flotante.

Referente al costo de almacenamiento, resulta aproximadamente -- 30% menos usar un tanque de 500 MBLs que 2 tanques de 200 MBLs y uno de 100 MBLs.

El costo de construcción de 2 tanques de 200 MBLs y uno de 100 MBLs resulta aproximadamente un 25% más costoso que construir -- uno de 500 MBLs de capacidad.

Respecto al procedimiento de montaje, es un estudio realizado para obtener el menor costo y tiempo de construcción, cabe hacer --

nencia que lo que se indica en este capítulo, puede estar sujeto a cambios dependiendo de los recursos que tenga el constructor, ya que de ser mayores, resultaría un menor tiempo y costo de construcción.

En caso contrario, se incrementaría el tiempo, costo y menor calidad del trabajo terminado.

En la exposición de los métodos de montaje de las diferentes partes que integran un tanque de techo flotante, no se ha seguido una secuencia determinada, es decir, el orden en que se presenta en cada capítulo, no concuerda con el que se sigue realmente en el montaje de un tanque, lo cual pudiera originar alguna confusión entre las distintas etapas del montaje, consignadas en manuales y el trabajo real de la erección de un tanque, máxima que algunas operaciones son ejecutadas simultáneamente, queda subsanado mediante el uso del diagrama que se presenta al final de estas conclusiones, donde se expone una secuencia del montaje desde su inicio hasta la terminación y entrega del tanque al usuario, mostrando además aquellas operaciones que se trabajan paralelamente. Es conveniente tener siempre a la mano en la obra, un diagrama derivado de un estudio cuyo objetivo sea la optimización de las actividades y consultarlo cuantas veces sea necesario para seguir sus indicaciones y estar de acuerdo con los programas de erección de los tanques. ( Ver Fig. 29 ).

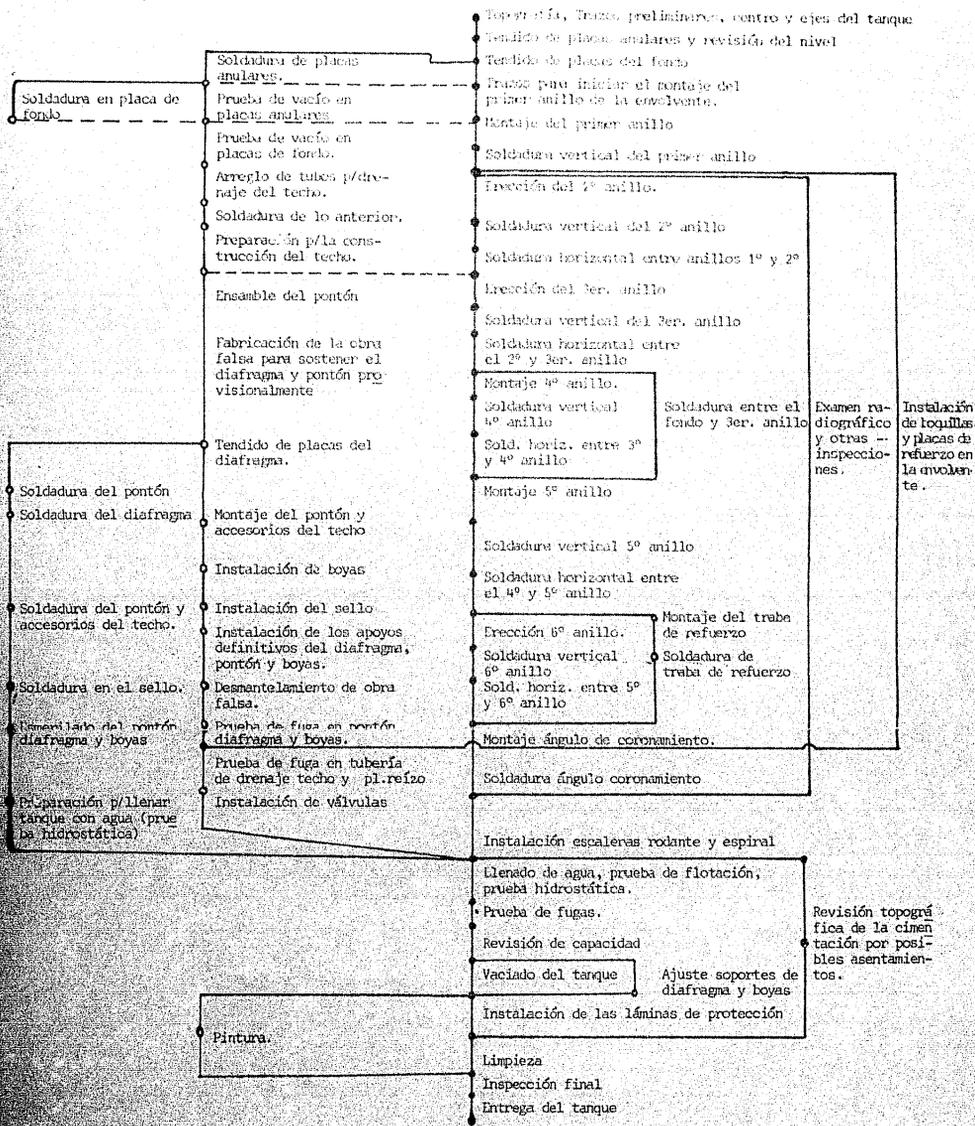


FIGURA 29

## BIBLIOGRAFIA

\* API-650 EDIC. 1980

Instituto Americano del Petróleo

Tanques de acero soldado para almacenamiento de petróleo.

\* LA ADMINISTRACION EN EL MANTENIMIENTO.

Enrique Dounce V.

Edit. CECSA

\* DISEÑO DE RECIPIENTES ATMOSFERICOS

Norma Pemex

\* HIDRAULICA

George E. Russel.

Edit. CECSA

\* DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS

Virgil Moring Fairés.

Montañar y Simón, S. A.

Barcelona.

\* INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS.

Irving H. Shames

Editorial Prentice/Hall Internacional.

\* DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA

Joseph Edward Shigley

McGraw Hill.