

217



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores "Cuautitlán"

**RECEPCION Y SUPERVISION GENERAL  
EN EL ARMADO DE TANQUES DE ACERO  
[CILINDRICOS VERTICALES DE CUPULA  
FLOTANTE CON CAPACIDAD DE 500000  
BLS. PARA ALMACENAR PETROLEO  
CRUDO (REFINERIA DE TULA, HGO.).**

## T E S I S

Que para obtener el título de:

**INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A :**

**JORGE ESPERILLA PORRAS**

Director de Tesis:

Ing. Sergio López Mejía

Cuautitlán Izcalli, Edo., de Méx.

1987



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# I N D I C E

	PAG
I. OBJETIVO	1
II. INSTALACIONES EN LA REFINERIA MIGUEL HIDALGO	2
II.1. Plantas de proceso.	3
II.2. Plantas de Fuerza y Servicios Auxiliares.	5
II.3. Plantas de Protección Ambiental.	6
II.4. Almacenamiento y Distribución.	7
III. TIPOS DE TANQUES DE CUPULA FLOTANTE DE 500,000 BLS. Y CRITERIOS PARA SER SELECCIONADOS PARA ESTE SERVICIO.	9
III.1. Tipos de tanques atmosféricos.	10
III.2. Razones para la inspección y corrosión en los tanques.	19
III.3. Frecuencia y tiempo de inspección.	21
IV. ESTUDIO GEOLOGICO Y CIMENTACION.	22
IV.1. Capacidad de carga y asentamientos totales y diferenciales en los suelos.	24
IV.2. Tipos de cimentaciones.	26
IV.3. Observación del comportamiento de las cimentaciones.	32
V. INSPECCION DE MATERIALES, SOLDADURA Y MONTAJE.	33
V.1. Material.	34
V.2. Normas que rigen en la construcción en México.	37
V.3. Tipos de juntas y soldadura.	40
V.4. Manejo y almacenamiento de los electrodos.	44
V.5. Procedimientos de soldadura y preparación de bisel.	46
V.6. Montaje, fondo, cuerpo.	49
V.7. Armado y soldado de los anillos de refuerzo.	56
V.8. Techo flotante (armado del pontón).	57
V.9. Tolerancias aplicables a tanques de 500,000 Bls.	59

VI.	INSPECCION DE SOLDADURA Y RELEVADO DE ESFUERZOS.	60
VI.1	Técnicas de Inspección de soldadura.	
	Líquidos penetrantes.	61
	Radiografía.	62
	Partículas magnéticas.	63
	Ultra-Sonido.	65
VI.2	Relevado de esfuerzos.	
	Objeto del relevado de esfuerzos.	67
	Métodos de relevado de esfuerzos.	68
	Programa para relevado de esfuerzos.	69
VI.3	Tratamientos típicos de relevado de esfuerzos, para algunas aleaciones ferrosas.	71
VII.	PRUEBAS.	72
VII.1	Prueba del fondo.	73
VII.2	Prueba del cuerpo.	76
VII.3	Prueba de cúpula.	77
VII.4	Prueba de flotación de cúpula.	79
VIII.	LIMPIEZA Y PINTURA.	81
VIII.1	Limpieza con chorro de arena (samblasteado)	82
VIII.2	Pintura.	83
IX.	ESTUDIO ECONOMICO.	85
IX.1	Costo de montaje de fondo.	87
IX.2	Costo de montaje del cuerpo.	88
IX.3	Costo de montaje de cúpula.	89
IX.4	Costo de montaje de anillos de refuerzo perimetrales.	91
IX.5	Costo de montaje de accesorios.	93
X.	ANALISIS DE RIESGOS DE INCENDIO EN TANQUES DE CUPULA FLOTANTE PARA ALMACENAMIENTO DE PETROLEO CRUDO.	94
X.1	Diques de contención.	96

X.2	Sistemas de drenaje.	97
X.3	Sistema de tierras.	98
X.4	Protección contraincendio.	98
X.4.1	Agentes extintivos.	99
X.5	Tácticas aplicables a este tipo de tanques.	103
XI.	CONCLUSIONES.	106
	BIBLIOGRAFIA.	107

## OBJETIVO

La creciente demanda de energéticos y la escases mundial de los mismos ha traído como consecuencia intensificar la actividad exploratoria en busca de nuevos yacimientos de hidrocarburos en México.

La tarea que se impuso Petróleos Mexicanos de aumentar su capacidad de producción, con el fin de satisfacer las necesidades de hidrocarburos que demanda el país, dió como resultado el descubrimiento de grandes yacimientos, los cuales permitirán abastecer con toda amplitud el mercado nacional en combustibles y parcialmente el internacional en crudo.

Debido a esto se esta llevando una política de expansión de las refinerías ya establecidas en la Industria Petrolera Nacional. Por lo cual, es necesario almacenar grandes cantidades de petróleo crudo para su refinación; y se ha demostrado que la mejor forma de almacenar éste es en tanques de techo o cúpula flotante, es por eso que el presente trabajo fué realizado con el propósito de que sirva como guía a todos las personas, que de algún modo u otro estén relacionados con la erección de tanques, y realizen los trabajos de construcción en forma más eficiente y ordenada, aprovechando así al máximo todos los recursos humanos y materiales con los que se cuentan para así reducir los costos económicos y períodos largos de montaje además de poderlos entregar a la rama operativa en condiciones óptimas para su buen funcionamiento.

C A P I T U L O II

INSTALACIONES EN LA REFINERIA MIGUEL HIDALGO

## PLANTAS DE PROCESO

Actualmente el procesamiento de crudo en la Refinería de Tula, se está llevando a cabo en las plantas cuyas capacidades y funciones en términos generales son los siguientes:

### a). Planta combinada.

Compuesta por una de destilación atmosférica y otra al vacío. Para 150,000 Bls. por día de crudo, proveniente de los campos del Sureste, y en las que se obtendrán gasolinas turbosina y kerosina sin refinar. Así como residuos de alta viscosidad.

### b). Planta reductora de viscosidad.

Esta planta tiene como finalidad abatir la viscosidad de 41,000 Bls. por día de residuo de la planta combinada, para poder manejarlo con más facilidad y utilizarlo como combustible.

### c). Planta desintegradora catalítica.

En esta planta se obtiene a partir de gasoleo de la sección de vacío, gas licuado, gasolinas con alto índice de octano y otros hidrocarburos de gran valor comercial, como propileno y butileno; su capacidad es de 40,000 Bls. por día.

### d). Planta hidrodesulfuradora de naftas.

Esta planta tiene una capacidad de 36,000 Bls. por día que elimina los compuestos de azufre contenidos en los destilados procedentes de la planta combinada.

Se cuenta además con otras dos plantas de 25,000 Bls. por día cada una, para kerosinas y diesel. También para el tratamiento alterno de las naftas, se tienen instalaciones que le eliminan los compuestos de azufre a base de sosa cáustica.

### e). Planta reformadora.

Con capacidad de proceso de 30,000 Bls. por día, y tiene por objeto mejorar las características de octanaje de las gasolinas, mediante la formación de hidrocarburos cíclicos.



f). Planta estabilizadora y fraccionadora.

En esta planta se procesan gasolinas procedentes de las hidrodesulfuradoras, a fin de separar los hidrocarburos ligeros de los más pesados, la capacidad de esta planta es de 36,000 Bls. por día.

g). Planta de tratamiento de gases amargos.

En esta planta se endulzan los gases amargos provenientes de las plantas hidrodesulfuradoras con dietanolamina, para que posteriormente los compuestos azufrados se recuperen y obtener así cerca de 160 tons. diarias de este producto.

h). Planta acrílo nitrilo.

A sido diseñada para catalizar por oxidación una mezcla de propileno, amoniaco y aire para producir acrílo nitrilo como producto primario. La capacidad de esta planta es de 50,000 tons. anuales de acrílo nitrilo.

i). Planta de azufre.

A sido diseñada para producir 160 t/día de azufre elemental proveniente de las corrientes de gas amargo de la refinaria:

1. Gas producido por la planta FCC.
2. Gas producido por las hidrodesulfuradoras.
3. Gas producido por la reductora de viscosidad.
4. Gas producido por las despuntadoras de la planta combinada.

j). Planta criogenica.

Esta planta a sido diseñada para operar a temperaturas abajo de 0° C (-32°F) y así poder licuar los gases que se procesaron en la planta endulzadora.  
Para obtener el gas licuado de petróleo (GLP).

## PLANTAS DE FUERZA Y SERVICIOS AUXILIARES

### 1. Termoeléctrica.

La energía eléctrica es generada por un sistema de dos turbogeneradores, accionados con vapor de 60 kg/cm<sup>2</sup>. Su capacidad total es de 50,000 kw. a un voltaje de 13,800 volts. siendo esta capacidad suficiente para el consumo de la refinería. Para su distribución se cuenta con 9 subestaciones con alimentación doble para la confiabilidad de servicio.

### 2. Calderas.

La generación de vapor se lleva a cabo mediante 3 calderas de alta presión (60 kg/cm<sup>2</sup>) y una capacidad de 200 t/h. de vapor cada una. Una de estas calderas aprovecha como combustible el monóxido de carbono producido en la planta catalítica, al regenerar el catalizador.

El vapor generado es utilizado para el accionamiento de turbinas, para generar corriente eléctrica, como vapor de proceso.

### 3. Tratamiento de H<sub>2</sub>O.

El H<sub>2</sub>O usada en la refinería proviene de 10 pozos localizados fuera del L.B. de esta refinería, el consumo de esta es de 48,000 M<sup>3</sup>/D parte de este volumen de agua pasa a una planta de pretratamiento a base de cal y sulfato de aluminio de una capacidad de 500 M<sup>3</sup>/Hr. y de ahí a una planta desmineralizadora a base de resinas catiónicas y aniónicas para poder ser usada como alimentación a calderas.

La mayor parte del H<sub>2</sub>O cruda es utilizada como repuesto en las 3 torres de enfriamiento y en sistemas de contra-incendio.

La recirculación de H<sub>2</sub>O cruda en las torres de enfriamiento es como sigue:

Torre CT-500	11,500 M <sup>3</sup> /Hr.	50,000 GPM
Torre CT-501	23,000 M <sup>3</sup> /Hr.	100,000 GPM
Torre CT-502	6,900 M <sup>3</sup> /Hr.	30,000 GPM

Se cuenta además con una planta potabilizadora de H<sub>2</sub>O, con capacidad de 57,500 M<sup>3</sup>/Hr. la cual opera a base de filtración hecha por medio de carbón activado.

### 4. Aire.

La refinería cuenta con 3 compresoras centrífugas de aire con capacidad de 567 M<sup>3</sup>/Min. cada una para uso general y aire de instrumentos a una presión (7 kg/cm<sup>2</sup>).

## PLANTAS DE PROTECCION AMBIENTAL

### 1. Planta de carbonatación.

Los productos cáusticos gastados que se usaron para eliminar compuestos de azufre en el proceso, se tratan en esta planta con gases de combustión convirtiendo la sosa en carbonato.

### 2. Planta de tratamiento de aguas amargas.

Las aguas de deshecho con gran cantidad de compuestos de azufre se tratan en esta planta eliminándose dichos compuestos y retornándola a la planta combinada para desalar el crudo.

### 3. Tratamiento de efluentes.

El agua del sistema de drenaje de la refinería se trata antes de enviarla al río Tula para eliminarle el aceite y otros compuestos que lleva. Esto es con el fin de mejorar su demanda bioquímica de oxígeno para resultar un efluente dentro de normas de protección ambiental.

### 4. Quemadores sin humo.

Para evitar que haya emanaciones de hidrocarburos a la atmósfera y evitar todos los riesgos que esto significa, todos los desfoques de las plantas de proceso se mandan a 4 quemadores de campo que en condiciones normales no producen humo y así evitan la contaminación por productos tóxicos y humo.

## ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION

La refinería cuenta con 5,000,000 Bls. de capacidad de almacenamiento (1 barril - 159 lts) distribuidos en la forma siguiente :

Gas L.P. alta presión	14,310 m <sup>3</sup>
Gas L.P. baja presión	9,540 m <sup>3</sup>
Gas licuado (criogénico)	30,210 m <sup>3</sup>
Gas nafta	3,180 m <sup>3</sup>
Isopentano	3,180 m <sup>3</sup>
Crudo	800,000 bls.
Gasolina	1'440,000 bls.
Gas solvente	20,000 bls.
Gasolina incolora	10,000 bls.
Turbosina	220,000 bls.
Kerosina	220,000 bls.
Diesel nacional	310,000 bls.
Diesel especial	310,000 bls.
Diluentes	110,000 bls.
Gasoleos a FFCC	400,000 bls.
Combustóleo	610,000 bls.
Recuperado	170,000 bls.

Para el recibo de crudo y otros productos y para la distribución de los mismos la refinería cuenta con los siguientes ductos :

- |                     |  |
|---------------------|--|
| 1. Gasoducto de 14" | Cd. Pemex-Tula   |
| 2. Gasoducto de 20" | Tuxpan-Poza Rica-Tula  |
| 3. Poliducto de 20" | Tula-Salamanca   |
| 4. Poliducto de 16" | Tula-San Juan Ixhuatepec Azcapotzalco.                             |
| 5. Poliducto de 12" | Azcapotzalco-San Juan Ixhuatepec<br>(que entronca con el anterior) |
| 6. Poliducto de 14" | Salamanca-Tula   |
| 7. Combustóleducto  | Refinería Tula-Planta termoeléctrica<br>Tula (C.F.E.).             |

La refinería cuenta además para la distribución de sus productos con las instalaciones y terminales de llenado de autos y carro tanque.

Pero debido al incremento desmesurado en la demanda de combustibles motivó a Petróleos Mexicanos a proyectar una ampliación a esta refinería que viene a incrementar la capacidad de proceso de crudo en 150,000 bls. diarios haciéndola llegar a 300,000 bls. y así satisfacer la creciente demanda de combustible en la zona metropolitana.

Esta ampliación comprenderá en diferentes secciones que integrarán la planta primaria número II.

- a). Destilación atmosférica.
- b). Destilación al vacío.
- c). Fraccionamiento y tratamiento de naftas.
- d). Tratamiento de L.P.G.
- e). Tratamiento de aguas amargas.

Estas secciones o plantas de proceso operan de forma similar a las plantas que ya se encuentran en operación.

Este crecimiento en la refinería trajo como consiguiente la construcción de no menos de 50 tanques de almacenamiento de distintas capacidades desde 200,000 bls. hasta 500,000 bls. los cuales unos serán de cúpula fija y otros de techo flotante tanto para poder almacenar el petróleo crudo que se alimentará a esta nueva planta como para almacenar los productos que se obtendrán de ésta.

El presente trabajo comprende teoría y práctica en la erección y además un análisis de riesgo de este ya en operación; para así poder visualizar el papel tan importante del ingeniero supervisor durante los trabajos de construcción.

Como cada vez los tanques para almacenamiento son de mayor capacidad y en vista de las especificaciones más estrictas por los diferentes tipos de productos que almacenan y sobre todo en busca de una economía mayor mediante la aplicación de la ingeniería aunada a la supervisión se podrá lograr disminuir el tiempo de montaje y como consecuencia el costo total de la obra.

## C A P I T U L O III

TIPOS DE TANQUES DE CUPULA FLOTANTE DE 500,000 BLS. Y  
CRITERIOS PARA SER SELECCIONADOS PARA ESTE SERVICIO.

### III. Tipos de tanques de cúpula flotante de 500,000 Bls. y criterios para ser seleccionados para este servicio.

Los tanques de almacenamiento en las refinarias son usados para almacenar petróleo crudo, productos intermedios, productos refinados, gas, productos químicos y agua, los factores tales como la volatilidad de los productos a almacenar y la presión de almacenamiento deseada, se hacen importantes cuando los tanques se van a construir en los diferentes tipos y tamaños.

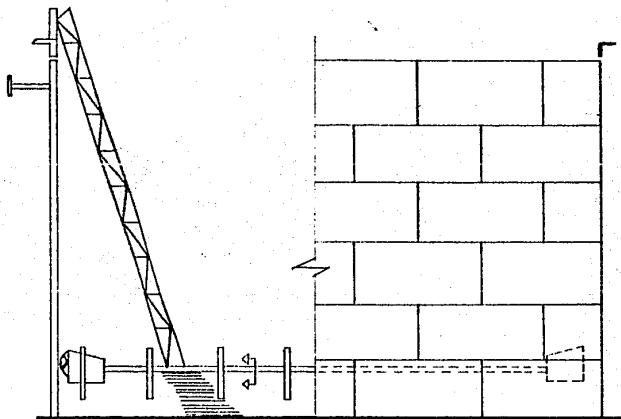
En este capítulo solo se consideran los tanques de almacenamiento atmosféricos, que han sido diseñados para operar a presiones internas aproximadas a la presión atmosférica. Tales tanques generalmente se construyen de acero al carbón, de una aleación de acero, o de otros materiales si su servicio va a ser especial.

Generalmente este tipo de tanques son soldados o sujetos con pernos siendo más eficiente el método de soldadura.

#### TIPOS DE TANQUES ATMOSFERICOS

##### a). TANQUES ATMOSFERICOS CUPULA FIJA.

El tipo más simple es el tanque de cúpula cónica que puede alcanzar los 300 ft. de diámetro y 64 ft. de altura, en este tipo de tanques las cúpulas están soportadas por miembros estructurales internos. Hay otro tipo de tanque de cúpula fija más sofisticado como lo es el de cúpula de sombrilla donde el domo del tanque es una modificación de la cúpula cónica, en la cual las placas del domo están generalmente



0.008"  
(3/4")



0.008"

PROTECCION  
ANTICORROSIONA  
EN TODA LA PARTE  
INFERIOR DE LA  
CUPULA.  
EL RIESGO DEL  
DETERIORO DEL  
MATERIAL RESULTA  
MINIMO.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
FIG. No.	DISEÑO TIPICO DE TANQUE VER- TICAL DE CUPULA FLOTANTE .
ACOT. MM.	
FECHA:	

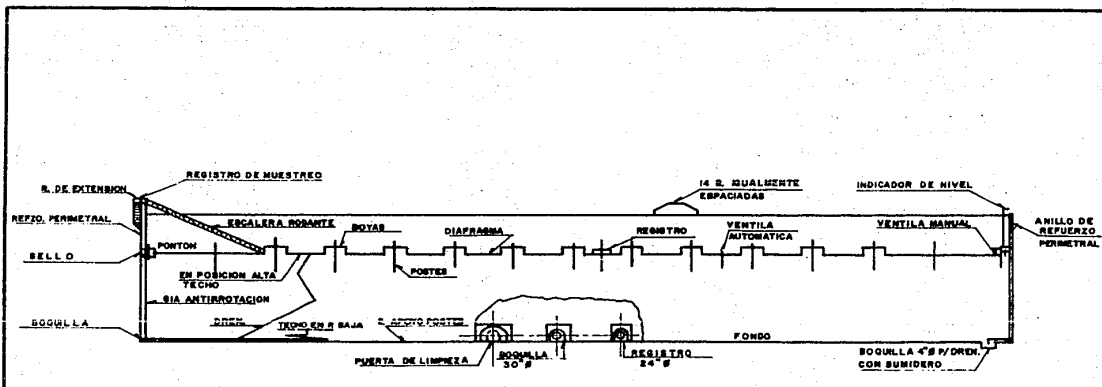


formadas por segmentos curvados esféricamente, unidos de tal forma que proporcionan un soporte entre sí.

b). TANQUES ATMOSFERICOS CUPULA FLOTANTE.

Criterios para ser seleccionados para este servicio.

1. El principal factor por el cual fué seleccionado el de cúpula flotante para almacenar petróleo crudo es el de abatir la presión de vapor ya que el techo esta diseñado de forma que le permite flotar sobre el producto almacenado, evitando así los grandes volúmenes de gases y vapores que existen en los tanques de techo fijo.
2. Este tanque esta diseñado para reducir las pérdidas por llenado y vaciado.
3. Otro de los criterios por el cual se justifica que es mejor el almacenamiento de petróleo crudo en tanques de cupula flotante es que se evitan, vapores de sulfuro de hidrógeno, vapor de agua, de oxígeno o bien de alguna combinación de estos tres compuestos, los cuales son extraordinariamente corrosivos.



**TANQUE DE TECHO FLOTANTE**

CAPACIDAD 500,000 BLS. (79,500M3)

DIAMETRO	85.344m (280ft.)
ALTURA	14.630m. (48ft.)
CAPACIDAD NOMINAL	79,500M3 (500,000BLS.)
CAPACIDAD REAL	77,158M3 (485,270BLS.)
PESO PROPIO	1,700TON. (1874TON. CORTAS)
PESO EN OPERACION (MAX.)	77,315TON. (85,225TON. CORTAS)
PESO EN PRUEBA HIDROSTATICA	78,858TON. (86,926TON. CORTAS)
PRESION EN EL FONDO DEL TANQUE	13,500Kg/M2 (2765 lb./ft.2)
CODIGO DE DISEÑO	A. P. I. 650 1980

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

JORGE ESPERILLA PORRAS  
TESIS PROFESIONAL

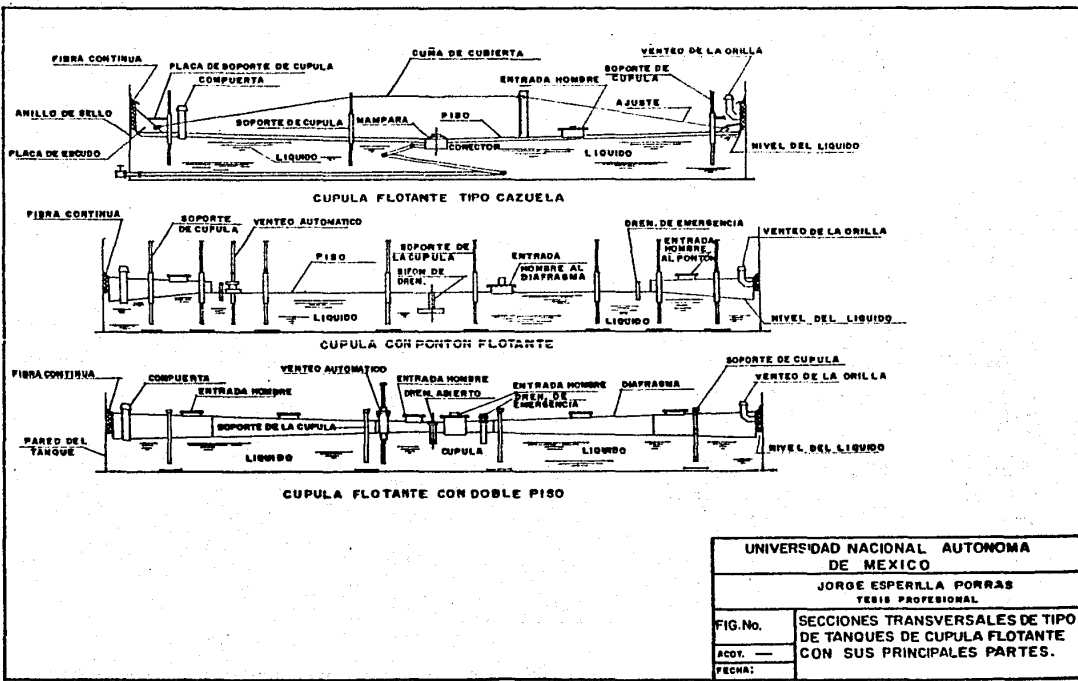
FIG. No.

VISTA EN CORTE

ACOT. MM.

TANQUE DE CURULA FLOTANTE  
500 000 BLS. ARREGLO GRAL.

FECHA:



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
FIG.No.	SECCIONES TRANSVERSALES DE TIPO DE TANQUES DE CUPULA FLOTANTE CON SUS PRINCIPALES PARTES.
ACOT. —	
FECHA:	

El cuerpo y el fondo de este tipo de tanques son construídos en forma similar a el de los tanques de techo cónico, pero la cúpula es diseñada para flotar en la superficie del líquido almacenado.

El techo flotante y sus accesorios se construirán de manera que permita el derrame del líquido a un nivel predeterminado y que cuando dicho líquido regrese a su nivel máximo normal el techo y sus accesorios regresen igualmente.

Durante el derrame del líquido no se deberá requerir ninguna operación manual para proteger el techo, el cuerpo o los accesorios.

Si la envolvente del tanque se construye con una prolongación contra el viento o con el fin de contener los sellos del techo en el punto más alto de su recorrido, las aberturas para derrame deberán estar previstas para indicar la elevación del nivel del líquido arriba de la capacidad diseñada.

El servicio corrosivo tal como para petróleo crudo, es recomendable que los techos sean del tipo de contacto, fabricados de tal manera de no permitir la existencia aire-vapor abajo del techo flotante.

El tipo más simple de cúpula flotante es el tipo cazuela (pan). Las modificaciones de este tipo de cúpula son el pontón anular y los tipos de cúpula de doble piso.

Otro tipo de tanque es aquel que consta de una cúpula fija y una cúpula flotante, tipo cazuela interna, la cúpula fija es normalmente cónica. La cúpula interna puede ser construída de acero, aluminio, plástico u otro material dependiendo del servicio o producto almacenado.

Estos tanques se construyen normalmente en áreas donde las nevadas son frecuentes o por fuertes tormentas que podrían dañar a la cúpula flotante.

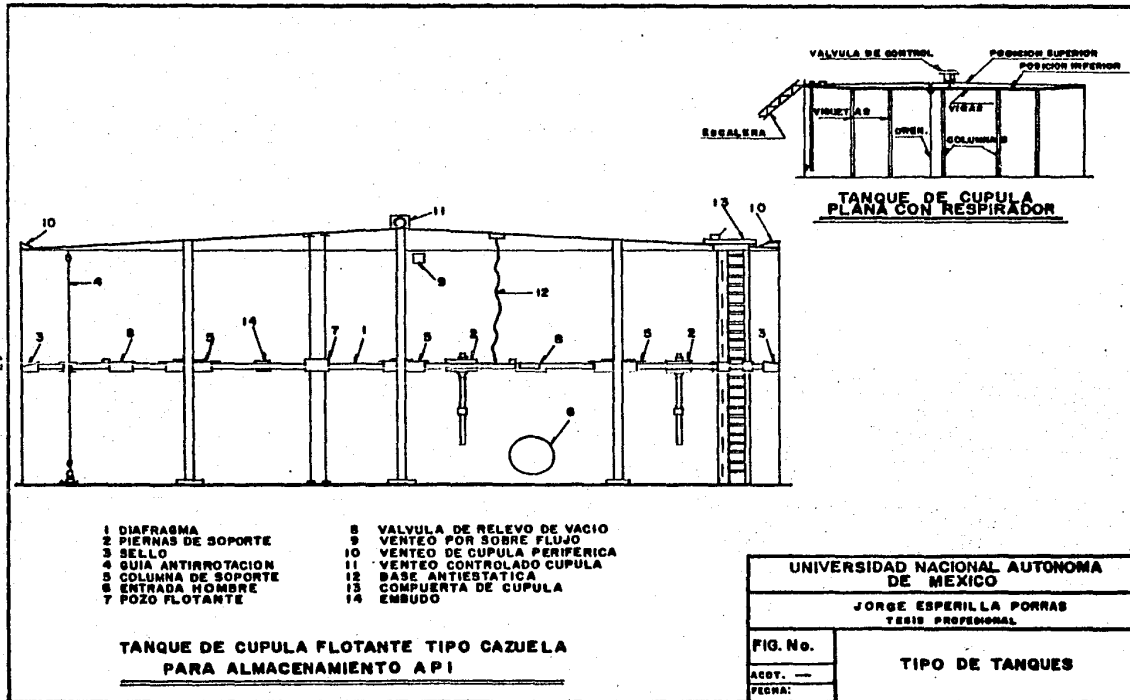
Los tanques menos comunes de este tipo son los de cúpula tipo elevador, cúpulas planas con respiradores, cúpula en forma de domo.

El espacio entre la circunferencia exterior del techo flotante y el interior de la envolvente deberá sellarse con un dispositivo flexible ajustado contra la superficie de la envolvente. Si este dispositivo de sello es lona recubierta u otro material no metálico, deberá ser resistente al medio ambiente en que se use y no deberá de colorar o contaminar el producto almacenado. Se deberán suministrar por lo menos cuatro conexiones para descargar la electricidad estática del techo cuando se usen estos sellos no metálicos con un espaciamiento máximo entre estas conexiones de 9.75 Metros.

Si las columnas u otros accesorios pasa a través del techo flotante, se deberán suministrar sellos que den el ajuste necesario en todos los movimientos horizontales y verticales de la cubierta.

La mayoría de los tanques cuentan con equipo auxiliar especial tales como indicadores de nivel del líquido, equipos de relevo de presión, equipos de venteo y de vacío, drenes en la cúpula, agitadores, escaleras, plataformas, boquillas, barandales, entradas hombre, conexiones a tierra, etc. estos tanques también pueden contar con aislamiento o serpentines de calentamiento para dar la temperatura a la cual se quiera tener el producto almacenado.

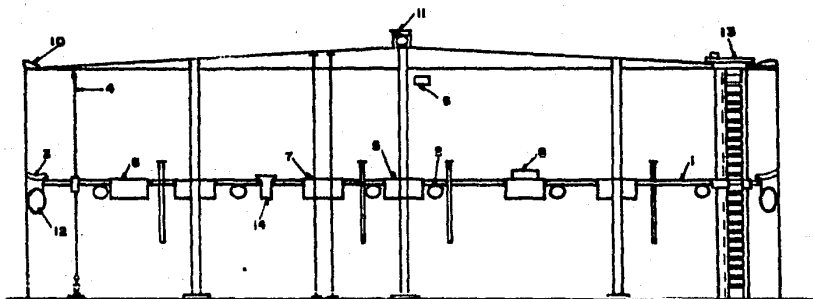
Donde la corrosión por experiencia es esperada, los tanques se pueden revestir con un material resistente tales como Resinas epoxicas, vinílicas o cubiertas ricas en zinc. También plásticos reforzados con fibra de vidrio, con una cubierta de concreto, plomo, aleación de acero, aluminio, hule, vidrio, etc.



- |                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| 1 DIAFRAGMA          | 8 VALVULA DE RELEVO DE VACIO   |
| 2 PIERNAS DE SOPORTE | 9 VENTEO POR SOBRE FLUJO       |
| 3 SELLO              | 10 VENTEO DE CUPULA PERIFERICA |
| 4 GUIA ANTIRROTACION | 11 VENTEO CONTROLADO CUPULA    |
| 5 COLUMNA DE SOPORTE | 12 BASE ANTIESTATICA           |
| 6 ENTRADA HOMBRE     | 13 COMPUERTA DE CUPULA         |
| 7 POZO FLOTANTE      | 14 EMBUDO                      |

**TANQUE DE CUPULA FLOTANTE TIPO CAZUELA  
PARA ALMACENAMIENTO API**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
FIG. No.	<b>TIPO DE TANQUES</b>
ACOT. ---	
PECMA:	



- |                      |                                |
|----------------------|--------------------------------|
| 1 DIAFRAGMA          | 8 VALVULA DE RELEVO DE VACIO   |
| 2 PIERNAS DE SOPORTE | 9 VENTEO POR SOBRE FLUJO       |
| 3 BELLO              | 10 VENTEO DE CUPULA PERIFERICA |
| 4 GUIA ANTIRROTACION | 11 VENTEO CONTROLADO CUPULA    |
| 5 COLUMNA DE SOPORTE | 12 BARE ANTIESTATICA           |
| 6 ENTRADA HOMBRE     | 13 COMPUERTA DE CUPULA         |
| 7 POZO FLOTANTE      | 14 EMBUDO                      |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

JORGE ESPERILLA PORRAS  
TESIS PROFESIONAL

FIG. No.

ACOT. ---

FECHA:

CUPULA FLOTANTE TIPO  
EMPAREDADO PARA TANQUES DE  
ALMACENAMIENTO A.P.I.

## RAZONES PARA LA INSPECCION

Los tanques de almacenamiento son generalmente inspeccionados para determinar el estado físico, así como la rapidez de desgaste y si es posible las causas que originan el deterioro. Con estos factores conocidos, las mediciones apropiadas pueden hacerse para:

1. Reducir la probabilidad de incendio así como las pérdidas en la capacidad de almacenamiento.
2. Mantener con seguridad las condiciones de trabajo.
3. Hacer reparaciones o determinar cuando son necesarias.
4. Para prevenir o atrazar más el deterioro.

## CORROSION EN LOS TANQUES

La corrosión es la causa principal del deterioro del tanque y sus accesorios.

Por lo que es conveniente localizarla y medirla para así atacarla y atrazar este deterioro.

### CORROSION EXTERNA:

La causa de la corrosión externa es debido a una serie de factores entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

1. El material usado para cubrir la parte del terraplén donde asienta el fondo del tanque puede estar contaminado por compuestos químicos corrosivos, como lo son: Compuestos de azufre, arcillas los cuales cuando se humedecen son muy corrosivos.
2. Una mala preparación de la capa protectora y con un pobre drenaje puede permitir que el agua se acumule en el fondo



y genere la corrosión.

3. La corrosión externa también aparece cuando el recubrimien to aplicado no es el adecuado o este no tiene una aplica ción uniforme.
4. También el grado de corrosión en este tipo de tanques de penderá de las condiciones atmosféricas del lugar donde se encuentran ya que por ejemplo una atmósfera sulfurada o ácida pueden destruir la capa protectora del recubrimiento incrementando así la velocidad de corrosión.
5. Otro de los factores que puede ser favorable para el ata que corrosivo son los detalles de construcción por ejemplo las fugas en las juntas de soldadura pueden destruir la película de pintura y así quedar propensa esa área descu bierta a un ataque corrosivo.

#### CORROSION INTERNA:

La aparición de la corrosión interna en los tanques de almacenamiento de petróleo crudo depende de la canti dad de compuestos corrosivos existentes en este y del ti po del material del cual será construido.

En muchos casos es necesario el uso de revestimientos (Linings). Los cuales son más resistentes a las propieda des corrosivas del producto a almacenarse.

Los tipos de ataques corrosivos pueden ser: electro líticos, ampollas de hidrógeno formadas dentro de la es tructura del material y por fragilización cáustica.

## FRECUENCIA Y TIEMPO DE INSPECCION

Los períodos de inspección para los tanques de almacena -  
miento son determinados por los siguientes factores:

1. La naturaleza de los materiales almacenados.
2. Los resultados de las verificaciones visuales del manteni-  
miento.
3. La disponibilidad de equipo.
4. La permisibilidad de corrosión y la rapidéz o velocidad de  
ésta.
5. Las condiciones detectadas en inspecciones previas.
6. Los métodos y los materiales de construcción y de repara-  
ción.
7. La localización de los tanques tales como aquellos que es-  
tán en áreas aisladas o en áreas de alto riesgo.
8. El riesgo potencial en la contaminación ambiental o del -  
agua.
9. Requerimientos jurídicos.

Los períodos de inspecciones generales de un tanque tanto  
internas como externas será determinado por el tiempo en ser-  
vicio o a menos por razones especiales se indique que se de-  
be hacer una inspección más pronta de la que debería hacerse

Como conclusión y de acuerdo a la historia del servicio de  
un tanque deberá considerarse de que las inspecciones debe -  
rán hacerse con una frecuencia proporcional a la rapidéz de  
corrosión en el tanque

## C A P I T U L O   I V

### ESTUDIO GEOLOGICO Y CIMENTACION

El tanque antes de su recepción debe pasar una serie de pruebas, las cuales deben ser inspeccionadas y analizadas por un Ingeniero Supervisor, el cuál después de analizar los resultados de acuerdo a normas y especificaciones tendrá la capacidad de decir si el tanque es aceptado, rechazado o bien si con algunas modificaciones o reparaciones puede ser aceptado. Estas pruebas se inician desde el estudio de localización y condiciones geológicas del suelo, para inicio de su cimentación y posteriormente el armado del tanque.

El estudio geológico y cimentación se llevará a cabo siguiendo la secuencia de estudios definidos a continuación:

- A). Recopilación de antecedentes y reconocimiento superficial.
- B). Reconocimiento por métodos geofísicos.

Estos métodos se justificarán en caso de que permitan reducir el costo total de las exploraciones; no se emplearán estos métodos, para zonas de construcción de superficie reducida o si la información geológica existente es suficientemente precisa.

- C). Reconocimiento por medios de sondeos.

C.1.-Prueba de penetración con o sin recuperación de muestras alteradas. Las pruebas de penetración se realizarán siguiendo el procedimiento standard los resultados de este tipo de sondeo se emplearán para planear programas de sondeos, inalterados, verificar la homogeneidad del subsuelo de la zona y estimar el estado de compactación y las propiedades mecánicas de los materiales de las cuales no sea posible obtener muestras inalteradas.

C.2.-Sondeos inalterados; los sondeos inalterados en trincheras, pozos a cielo abierto o perforaciones de gran diámetro, permitirán proporcionar al laboratorio

rio las muestras necesarias, para la determinación de las propiedades de los suelos. Para cada tanque se realizarán por lo menos un sondeo inalterado y tres alterados localizados respectivamente en la periferia y en el centro del mismo. Por otra parte, el número total de sondeos alterados o inalterados deberá ser por lo menos de 4 por cada 1000 Mts<sup>2</sup> construidos. Este número se incrementará hasta un máximo de 10 si el subsuelo resulta ser heterogeneo. Los sondeos se llevarán hasta la profundidad del estrato resistente ó de no encontrarse tal estrato, hasta una profundidad tal que, el incremento de esfuerzos inducidos a este nivel para la construcción, sea inferior a 10% de la sobrecarga superficial. La teoría de la elasticidad permite establecer que para el centro de una superficie circular uniformemente cargada, esta profundidad es aproximadamente igual a dos veces el diámetro de la misma.

#### PRUEBAS DE LABORATORIO.

En el laboratorio se determinarán las propiedades requeridas para el análisis de estabilidad y de asentamiento, se procederá además a la determinación de las propiedades índices de los suelos para fines de clasificación de los materiales a lo largo de los sondeos alterados ó inalterados realizados. Se determinará en particular la variación con la profundidad de las propiedades siguientes:

- a). Contenido de H<sub>2</sub>O y grado de saturación.
- b). Densidad de sólidos.
- c). Límites de consistencia de los materiales cohesivos (Límite, líquido y plástico).
- d). Curva granulométrica de los materiales no cohesivos.

CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS TOTALES Y DIFERENCIALES EN LOS SUELOS.

- a). Capacidad de carga.- La cimentación se considerará sometida a una carga igual a la suma del peso de la estructura de la presión aplicada por el fluido, al encontrarse lleno del tanque, afectada de un factor de carga igual a 1.4 y de una presión Hidrodinámica atribuible a sismo, aplicada sobre el fondo del mismo. La carga total será comparada con la resistencia estimada del suelo, afectada de un factor de reducción, que depende del tipo de cimentación.

#### ASENTAMIENTOS TOTALES.

Los asentamientos no deberán alcanzar una magnitud, tal que ocasionen dificultades en la operación del tanque. El máximo asentamiento total permisible se fijará tomando en cuenta las características del tanque y la flexibilidad del sistema de alimentación del mismo; para tanques construidos con aceros ASTM A-36, ASTM 283-C y 283-D, los máximos asentamientos permisibles serán los indicados a continuación:

#### MAXIMOS ASENTAMIENTOS PERMISIBLES

TIPO DE ASENTAMIENTO	MAXIMO ASENTAMIENTO
Máximo asentamiento total en el perimetro	30 cm.
Máximo asentamiento diferencial en el fondo.	5 cm. en 10 metros.

Para aceros de mayor resistencia, o para tanques conteniendo fluidos a una temperatura inferior a la temperatura ambiente, se considerará la posibilidad de falla frágil.

## ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES.

Estos movimientos a lo largo del perimetro del tanque de berán ser suficientemente pequeños para limitar las deformaciones de la pared cilíndrica y garantizar el buen funcionamiento del techo flotante. Se verificará, por tanto, que la compresibilidad del terreno de desplante sea aproximadamente uniforme a lo largo del perimetro y se evitará en lo posible el desplante de tanques, parte sobre terreno firme y parte sobre relleno o sobre estratos compresibles de espesor variable.

## TIPOS DE CIMENTACIONES.

a). SUPERFICIALES.- Al considerarse adecuado un desplante superficial, para un tanque de 500,000 barriles, se optará por una de las soluciones definidas a continuación:

a.1.- Cimentación sobre muro anular de concreto reforzado - este tipo de cimentación es recomendable para cualquier tipo de tanques pero en particular para tanques de techo flotante y para tanques de más de 30 Mts. de diámetro ó de 12 Mts. de altura.

Las principales características de este tipo de cimentación se observan en dibujo anexo.

El fondo del tanque descansará sobre un terraplén, cuya altura se fijará en función de la magnitud de los asentamientos totales esperados y de la posibilidad de inundación de la zona; en ningún caso esta altura será inferior a 30 cm. sobre el nivel circundante. El terraplén se construirá después de sustituir el material superficial indeseable por un material libre de materias orgánicas y productos corrosivos. Cuyas condiciones de compactación cumplirán con las especificaciones siguientes:

**CONDICIONES DE COMPACTACION DE SUELOS PARA TERRAPLENES**

**CONDICION I**

**CONDICION II**

Terraplenes hasta 3 Mts. de altura no sometidos a inundaciones de larga duración.		Terraplenes de más de 3 Mts. de altura, o de menor altura sujetos a períodos largos de inundación.	
Peso vol. seco máx. de laboratorio en kg/m <sup>3</sup> .	Exigencias mín. de compactación en el terraplén (% de peso vol. seco de Laboratorio.).	Peso vol. seco máx. de Laboratorio en kg/m <sup>3</sup> .	Exigencias mín. de compactación en el terraplén (% de peso vol. seco de Laboratorio).
1439 ó menos	*	1519 ó menos	**
1440 - 1649	100	1520 - 1649	102
1650 - 1759	99	1650 - 1759	100
1760 - 1919	95	1760 - 1919	98
1920 y más	90	1920 y más	95

\* Los suelos con peso vol. seco máximo menor de 1440 kg/m<sup>3</sup>, se considerarán inadecuados y no se utilizarán en terraplenes.

\*\* Los suelos con peso vol. seco máximo menor de 1520 kg/m<sup>3</sup>, se considerarán inadecuados y no se utilizarán en terraplenes, bajo condición II.



Los diez centímetros superiores del terraplén serán constituidos por arena limpia gruesa, grava ó piedra molida con tamaño de partícula de 1 a 25 cm., este estrato se estabilizará con un producto asfáltico para poder dar a la superficie de apoyo la forma adecuada. El producto empleado deberá presentar toda garantía contra corrosión galvánica e incendio durante las operaciones de soldadura.

El muro anular de concreto se construirá con el propósito de repartir la carga concentrada de la pared cilíndrica facilitar la construcción del tanque, proteger el terraplén durante y después de la construcción y aislar el fondo de la humedad.

El ancho del muro se calculará con la siguiente fórmula:

$$b = \frac{100 W}{Y_f H/2 + h (Y_m - Y_c)}$$

Donde: b= ancho del muro, en cm.

H= altura del tanque en metros.

h= altura del muro en metros.

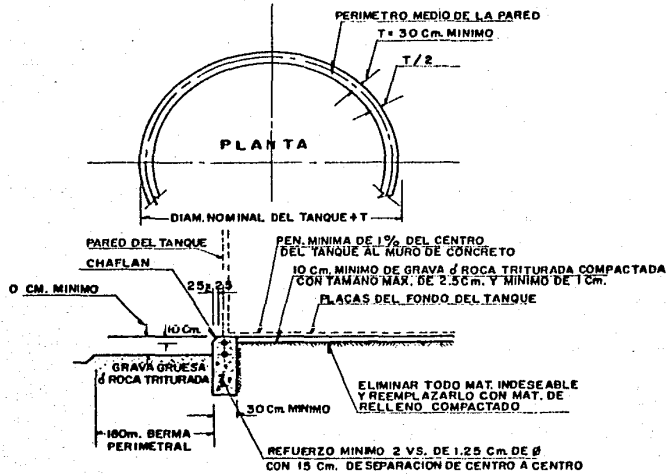
W= peso de la pared lateral de acero y de la fracción de techo soportada por metro lineal en Ton/Mts.

$Y_f$  Peso volumetrico del fluido en ton/m<sup>3</sup>

$Y_m$  Peso volumétrico del relleno confinado en Ton/M<sup>3</sup>

$Y_c$  Peso volumétrico de concreto reforzado en Ton/M<sup>3</sup>

En ningún caso el ancho del muro podrá ser inferior a 30 cm. la parte superior del muro anular deberá ser lisa y a nivel con una tolerancia de pendiente de más ó menos 3 mm. por tramo de 10 mts. a lo largo de la circunferencia.



CORTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
FIG.No.	<b>CIMENTACION SOBRE MURO ANULAR DE CONCRETO.</b>
ACOTI. CM.	
FECHA:	

## **b). PROFUNDAS.**

Se recurrirá a cimentaciones profundas únicamente cuando el suelo no permita el cumplimiento de los requisitos para cimentaciones superficiales.

El diseño de cimentaciones usuales para tanques de 500,000 barriles son las siguientes:

- b.1.- Sobre pilas o pilotes de punta.
- b.2.- De fricción ó mixtos.

Al considerarse adecuada una cimentación profunda para un tanque de almacenamiento se optará por una de las soluciones que a continuación se describen:

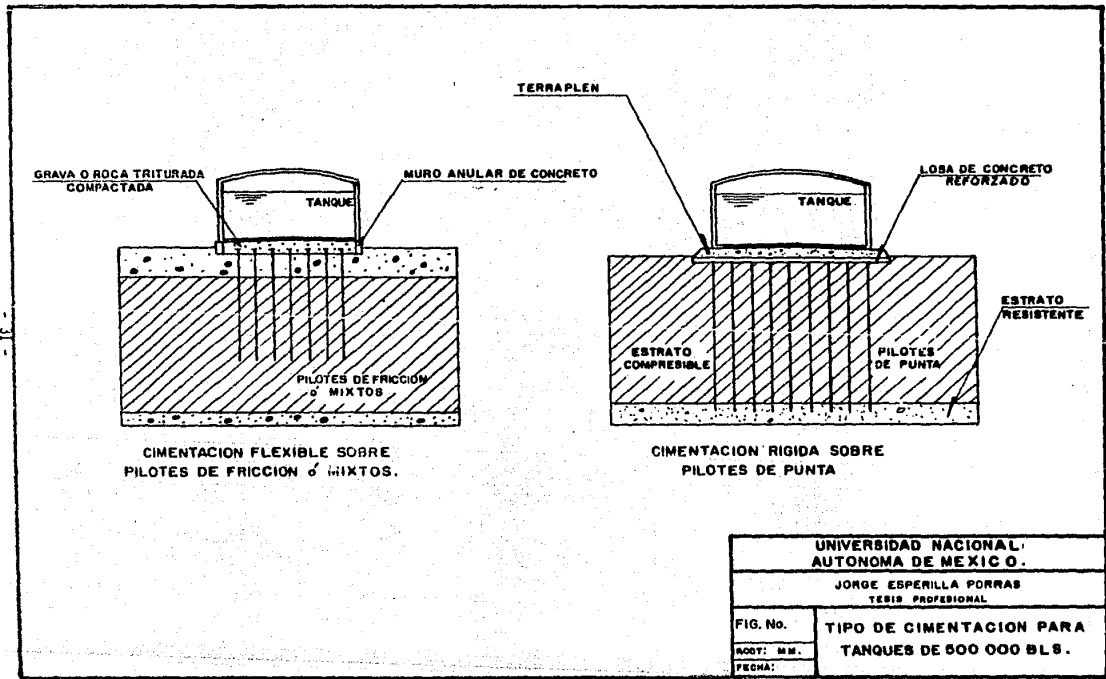
### **CIMENTACION RIGIDA.**

Este tipo de cimentación solo se empleará si así lo requiere las características particulares del tanque y del producto almacenado, los pilotes empleados serán pilotes de punta, cuyas cabezas estarán unidas por una loza de concreto reforzado, diseñada despreciando el soporte proporcionado por el suelo en la parte inferior.

El tanque descansará sobre la loza a través de un terraplén similar al explicado en cimentaciones superficiales.

### **CIMENTACIONES FLEXIBLES.**

En este caso las cabezas de los pilotes serán rodeadas y cubiertas por una capa de grava o roca triturada compactada que asegurará la transmisión de las cargas a los pilotes por arqueos y permitirán la absorción de pequeños movimientos diferenciales entre pilotes sin causar daño a la estructura.



Este material y el relleno subyacente serán confinados por medio de un muro anular en que descansará el tanque.

#### OBSERVACION DEL COMPORTAMIENTO DE LAS CIMENTACIONES.

Al completar la estructura se procederá probar la cimentación aprovechando la prueba de estanqueidad del tanque. Esto se hará de la forma siguiente: El tanque se llenará en forma progresiva a una velocidad aproximadamente constante; durante el llenado se procederá a la observación con nivel óptico de los asentamientos a lo largo del perímetro del tanque y en el área circundante, con respecto a un banco de nivel superficial colocado en una zona no afectada por la construcción a una distancia de por lo menos 3 diámetros del tanque.

En el caso de tanques sensibles a pequeños movimientos diferenciales se medirán los asentamientos a lo largo del perímetro del tanque con la ayuda de un nivel de H<sub>2</sub>O de precisión. Para tanques grandes (altura de 12 Mts. y diámetros de 30 Mts. ó más) desplantados sobre de materiales blandos, los asentamientos diferenciales entre el centro y la periferia serán observados recurriendo a niveles de agua previamente enterrados en el terraplén de desplante.

El llenado del tanque deberá interrumpirse si los asentamientos absolutos o diferenciales llegan a rebasar los permisibles. En caso de que exista peligro de flujo lateral de material blando los movimientos del estrato correspondiente deberán ser observados por medio de inclinómetros.

Para prevenir cualquier comportamiento indeseable del tanque, se efectuarán nivelaciones del perímetro y del área circundante en forma periódica y cada vez que el tanque se encuentre sometido a condiciones de carga excepcionales.

# C A P I T U L O V

## INSPECCION DE MATERIALES, SOLDADURA Y MONTAJE

## V. INSPECCION DE MATERIALES, SOLDADURA Y MONTAJE.

El tanque a construir será un TV-69 con capacidad de 500,000 Bls.  
Servicio: Petróleo Crudo; tipo "ISTMO" o "POZA RICA".

### MATERIAL

**Acero al Carbono:** Un Acero al Carbono se define como aquel material ferroso en el que solo el carbón afecta de manera importante su comportamiento físico y químico, esto es que no contiene ningún elemento de aleación pues todos provienen de su proceso de obtención.

- a) Acero de Bajo Carbono ----- de 0.06 a 0.2 %C.
- b) Acero de Medio Carbono ----- de 0.20 a 0.6 %C.
- c) Acero de Alto Carbono ----- de 0.60 a 2.0 %C.

De los elementos inherentes de los Aceros al Carbono en su obtención, ya sea por impurezas o porque intervienen como desoxidantes se acepta un máximo de 0.04% de Fósforo y un 0.04% de Azufre y de Manganeso se considera normal en aceros al carbono con un contenido de 0.30 a 0.60% aunque este puede estar en un porcentaje mayor llamándosele entonces aceros al carbono de alto manganeso y el porcentaje varía de 0.6 a 1.65%.

Los Aceros de Bajo Carbono son materiales fácilmente soldables con cualquier tipo de electrodos y su estructura no causa problemas.

Los Aceros de Mediano Carbono son un poco más difícil de soldar, ya que se endurecen fácilmente originando grietas en el metal base, esto se puede evitar disminuyendo la velocidad de enfriamiento o sea dándoles un precalentamiento o un postcalentamiento al material por soldar.

En los dos tipos de Aceros mencionados anteriormente se pueden encontrar problemas que dificultan la soldadura si el contenido de Azufre es mayor de 0.04%. El problema se resuelve usando electrodos de bajo hidrógeno.

En los Aceros de Alto Carbono se tienen muchos problemas para soldarlos y comunmente se dice que son insoldables.

La norma que rige para electrodos de Aceros al Carbón es la AWS-5.1, equivalente a la norma ASTM A-233.

**Aceros Aleados:** El Acero de Aleación se puede definir como aquel que ha sido modificado en sus propiedades por la adición de uno o varios elementos diferentes a los comunes o en cantidades mayores a los normales para los Aceros al Carbono.

Los elementos que se usan más comunmente son el Manganeso, Molibdeno, Cromo, Niquel, Silicio y Boro.

El material que se utilizará para este tipo de tanque será un acero al carbón A.S.T.M., A-283 Gr. C., al cual el Ingeniero Supervisor le verificará que sus características estén dentro de lo especificado por A.S.T.M.

- a). Estas placas deberán fabricarse por alguno de estos métodos; Horno abierto, Oxígeno Básico, Horno Eléctrico.

#### COMPOSICION QUIMICA

E L E M E N T O	ANALISIS CALENTAMIENTO EN %
Máximo de Fósforo	0.04
Máximo de Azufre	0.05
Cobre si se especifica que el Acero tiene este metal mínimo debe ser.	0.20



A este material se le harán pruebas y los resultados deberán concordar con las propiedades de tensión descritas anteriormente.

No se requerirá hacer la prueba de elongación para la placa de fondo, para placas más anchas de 24" los requerimientos para la elongación se reducen en 2 puntos del porcentaje.

El límite superior de 72 PSI deberá incrementarse en 3000 PSI para materiales de un espesor mayor de 1 1/2" habiéndose checado que las placas son del Acero especificado en proyecto se efectúa una inspección minuciosa de éste con el fin de verificar si están en buen estado, número especificado de acuerdo al pedido y sobre todo que las placas reúnan las medidas y especificaciones del INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO (API); así como la estructura completa y accesorios, porque durante el manejo y transporte suelen sufrir daños de consideración.

El Ingeniero Supervisor se asegurará que las placas que formarán el fondo y el techo se encuentren perfectamente "planchadas" y "escuadradas" para evitar al máximo los "abolsamientos" y dificultades posteriores cuando se vaya a soldar.

Por lo que, respecta a las placas que formarán el cuerpo del tanque se tendrá especial cuidado que conserve su rolado original, el cual se checará con un escantillón verificando que el diámetro especificado sea el requerido.

Se deberá prestar especial atención a las orillas del corte y otras partes de las placas roladas donde posiblemente pueda descubrirse la existencia de laminaciones, fracturas y otros defectos objetables; y si se tiene duda en la determinación de éstas se recurrirá a la inspección con el método de ultrasonido.

El Ingeniero Supervisor deberá verificar personalmente en tres sitios distintos de cada placa como mínimo, que el espesor y las otras dimensiones del material cumplan los requisitos requeridos.

#### NORMAS QUE RIGEN EN LA CONSTRUCCION EN MEXICO

##### a) Norma ASTM. (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales):

Es una Sociedad Técnica y Científica dedicada a promover el conocimiento de los materiales en Ingeniería y a la especificación de normas y métodos de pruebas, estas normas son usadas en todo el mundo por la Industria para especificar y analizar materiales de todos tipos, son aplicables a diseño, fabricación, construcción y mantenimiento. Estas normas han sido publicadas en 32 partes. La A.S.T.M., utiliza una letra mayúscula seguida por un número que puede tener 1, 2 ó 3 dígitos para designar sus especificaciones.

La letra mayúscula identifica:

- a) Metales ferrosos.
- b) Metales no ferrosos.
- c) Aislantes y refractarios.
- d) Hule y sus derivados.
- e) Método de prueba de materiales.

b) Norma API (Instituto Americano del Petróleo):

Ha creado toda clase de normas de las más completas sobre los materiales usados en la industria petrolera. Su nomenclatura es muy completa según de lo que se trate, por ejemplo:

A.P.I. STD 620 "Tanques de almacenamiento de baja presión".

A.P.I. STD 650 "Tanques de acero soldados para almacenamiento de petróleo".

A.P.I. STD 2000 "Venteo atmosférico y de baja presión en tanques de almacenamiento".

A.P.I. STD 5L "Especifica la tubería de línea para oleoductos y gasoductos".

c) Norma AWS (Sociedad Americana de la Soldadura):

Trata todo lo relacionado con las soldaduras, tanto en lo que se refiere a la clasificación de los procedimientos de soldadura, así como a la clasificación de los electrodos y calificación de los soldadores.

d) Norma ANSI (American National Standar Institute, fundada en 1918):

Es una organización que se encarga de normalizar o dimensionar tuberías, conexiones y accesorios de los distintos materiales, su nomenclatura es la letra mayúscula B seguida de un número después de un punto y después de otro número, ejemplo:

- B-31.1 Código de tuberías para plantas termoeléctricas.
- B-31.3 Código de tuberías para refineries.
- B-31.4 Código de tuberías para oleoductos.
- B-31.8 Código de tuberías para gasoductos.

e) Norma AISI (Instituto Americano del Hierro y del Acero):

Ha creado normas para especificar los materiales ferrosos usados en ingeniería.

f) Norma ASME (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos):

g) Norma PEMEX:

Pemex ha desarrollado sus propias normas de construcción haciendo una selección de las normas mencionadas asignándoles una nomenclatura que varia de acuerdo al servicio de que se trate, ya sea tubería, recubrimientos, estructuras, cimentaciones, etc. por ejemplo:

Norma PEMEX	No. 2.214.01	Cimentación de tanques.
Norma PEMEX	No. 5.214.02	Pruebas de compactación.
Norma PEMEX	No. 2.132.01	Sistema de protección anticorrosiva a base de recubrimientos.
Norma PEMEX	No. 2.612.04	Diseño de tanques atmosféricos.
Norma PEMEX	No. 3.374.03	Sistemas de tuberías en Refinerías de Petróleo, construcción.

### MONTAJE Y SOLDADURA

Todos los trabajos de montaje y soldadura de tanques serán de primera clase en todos los aspectos y estarán sujetos a la más estricta vigilancia por el Ingeniero Supervisor.

Para la iniciación del montaje mecánico deberá estar completamente construída la base de concreto.

Se checará y se verificará que reuna las condiciones y medidas requeridas, según las especificaciones generales del proyecto y de acuerdo a las normas de Petróleos Mexicanos.

Se hará un perfecto chequeo de planos observando que sean legibles y tengan los datos necesarios para poder distinguir en el campo los ordenamientos de montaje.

Considerando que el tanque a construir es para una capacidad de 500,000 Bls. se revisará si el diámetro y la altura del tanque del diseño tiene las medidas aceptables para dicha capacidad.

## TIPOS DE JUNTAS

Junta a tope con soldadura doble: Unión de dos elementos estructurales situado en el mismo plano en contacto por uno de sus bordes, que se soldan por ambos lados.

Junta a tope con soldadura sencilla y respaldo: Unión de dos elementos estructurales situados en el mismo plano en contacto por uno de sus bordes, soldados por un solo lado y respaldados por el otro con una solera o placa.

Junta a traslape con soldadura doble: Unión de dos elementos traslapados en la que los bordes de ambas piezas se soldan con soldaduras de filete.

Junta a traslape con soldadura sencilla: Unión de dos elementos estructurales traslapados en la que el borde de uno de ellos se solda con soldadura de filete.

## TIPOS DE SOLDADURA

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

Soldadura de filete: Soldadura que tiene sección transversal aproximadamente triangular y que une dos superficies situadas aprox. en ángulo recto como las ensambladas en T, en rincón o traslape.

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

Soldadura provicional o soldadura por puntos: Soldadura que se hace para mantener alineados los elementos ensamblados, mientras se soldan definitivamente.

## POR EL PROCEDIMIENTO DE EFECTUAR LA SOLDADURA

Soldadura manual: Soldadura en la que la operación completa se efectúa y controla a mano.

Soldadura automática (Soldadura o máquina): Soldadura en la que se emplea un equipo que ejecuta la operación de soldado bajo el control y vigilancia de un operador.

Soldadura semiautomática: Soldadura de arco con equipo que regula únicamente el suministro del metal de aporte. El avance de la operación se re<sup>g</sup>ula manualmente.

## POR SU PROCESO

Soldadura de arco-metal protegido (SMAW): Proceso de soldadura, donde la fusión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el electrodo metálico cubierto y el metal base. La protección de la soldadura se produce por la descomposición de la cubierta del electrodo. En este proceso no se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene del electrodo.

Soldadura de arco-metal gas (GMAW): Proceso de soldadura, donde la fusión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el metal de aporte y el metal base. El medio de protección es un gas o mezcla de gases (que puede contener un gas inerte o una mezcla de gas y fundente). A este proceso se le llama en ocasiones MIG o soldadura de CO<sub>2</sub>.

Soldadura de arco-corazón fundente (FCAW): Proceso de soldadura donde la fusión se produce por el calentamiento mediante un arco eléctrico entre el metal de aporte y el metal base.

El medio de protección se obtiene del fundente contenido en el electrodo se puede o no dar protección adicional, mediante un gas o mezcla de gases suministrados desde una fuente externa.

Soldadura por electrodo gas: Método de soldadura arco metal gas (GMAW) o de arco-corazón fundente (FCAW) donde se usan zapatas de moldeo para confinar el metal de soldadura fundido para soldar en posición vertical.

Soldadura arco sumergido (SAW): Proceso de soldadura, donde la fusión se obtiene del calor producido por arco eléctrico entre un electrodo metálico desnudo y el metal base. La soldadura se protege con una capa de material granular fusible, colocada sobre el metal base. En este proceso no se utiliza presión y el metal de aporte se obtiene de un electrodo y algunas veces de una barra de soldadura suplementaria.

Soldadura de electro-escoria: Proceso de soldadura donde la fusión se produce por la escoria derretida que funde el metal de aporte y la superficie del metal base que va a soldarse. El depósito de soldadura se protege con la escoria que se mueve a todo lo largo de la sección transversal de la junta, conforme avanza la soldadura. La escoria se mantiene derretida por su resistencia al paso de la corriente eléctrica entre el electrodo y el baño de soldadura, utilizando zapatas de moldeo.

Especificaciones de electrodos y procedimientos de soldadura usados en el proceso de erección del tanque TV-69.

Los electrodos que se utilizaron en el proceso de soldado del tanque fueron los de la serie E-6010, E-7018 y E-7024 del código AWS (Sociedad Americana de la Soldadura) que clasifica los electrodos para soldadura de aceros suaves y de bajo hidrógeno con una letra E, que significa electrodo seguida de un número de cuatro dígitos donde las dos primeras cifras significan la mínima resistencia a la tensión en miles de libras, por pulgada cuadrada. El penúltimo dígito se refiere a la posición en que se puede soldar con dicho electrodo y significa:

- Número 1.- Todos las posiciones.
- Número 2.- Posición horizontal y plana.
- Número 3.- Posición plana únicamente.

La combinación de las dos últimas cifras se refieren al tipo de recubrimiento y tipo de corriente usada para soldarlo.

CLASIFICACION DE ELECTRODOS

CLAVE	TIPO DE CUBIERTA	POSICION DE SOLDADURA	TIPO DE CORRIENTE ELECTRICA
E-6010	Alta celulosa sódica	P,V,SC,H	C.D. con polaridad invertida.
E-6011	Alta celulosa potásica	P,V,SC,H	C.A o C.D con polaridad invertida.
E-6012	Alto titánico sódico	P,V,SC,H	C.A o C.D sin cambio de polaridad.
E-6013	Alto titánico potásico	P,V,SC,H	C.A o C.D con cualquier polaridad.
E-6020	Alto Oxido de Hierro	Filetes horizontales	C.A o C.D sin cambio de polaridad.
E-6020	Alto Oxido de Hierro	P	C.A o C.D con cualquier polaridad.
E-6027	Polvo de Hierro,Oxido de Hierro	Filetes horizontales	C.A o C.D sin cambio de polaridad.
E-7014	Polvo de Hierro, titánico	P,V,SC,H	C.A o C.D con cualquier polaridad.
E-7015	Sodio al bajo Hidrógeno	P,V,SC,H	C.D. con polaridad invertida.
E-7016	Potasio al bajo Hidrógeno	P,V,SC,H	C.A o C.D con polaridad invertida.
E-7018	Polvo de Hierro, Bajo Hidrógeno	P,V,SC,H	C.A o C.D con polaridad invertida.
E-7024	Polvo de Hierro, titánico	P,Filetes horizontales	C.A o C.D con cualquier polaridad.
E-7028	Polvo de Hierro,bajo Hidrógeno	P,Filetes horizontales	C.A o C.D con polaridad invertida.

Posición de la soldadura: P= Plana  
 H= Horizontal  
 SC= Sobrecabeza  
 V= Vertical

Polaridad invertida, significa que el electrodo es positivo.  
 Sin cambio de polaridad, significa que el electrodo es negativo.

### MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS ELECTRODOS

Todos los electrodos envasados cuando se reciban en las obras deberán revisarse:

Cualquier envase que llegue severamente deteriorado o que tenga agujeros que descubran los electrodos, deberá ser rechazado. Los envases que se consideren aceptados deberán almacenarse en un lugar seguro y seco. Después que es abierto un envase, los electrodos deberán 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 deberán ser almacenados.

ELECTRODO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO °C	
E-6010	32	80
E-7018	93	177
E-310	93	177
E-316	93	177
E-16.8.2	93	177
E-320	93	177
E-410	93	177
E-502	93	177
E-505	93	177
E-347	93	177

Los electrodos E-6010 y E-7018, nunca deberán almacenarse en el mismo horno.

Los electrodos que han sido sacados del horno de calentamiento por más de 10 horas deberán ser reacondicionados.

El soldador deberá retirar del horno únicamente los electrodos suficientes para consumirlos en un lapso de 4 horas de trabajo.



## REACONDICIONAMIENTO ELECTRODOS E-7018

Si el revestimiento de los electrodos no esta agrietado o astillado pueden sacarse en el mismo lugar de la obra. Esto llega a ser importante cuando los empaques son abiertos por inspectores a donde hay daños meteorológicos como ocurre con huracanes.

Estos electrodos al ser bajos en hidrógeno se debe hacer un esfuerzo para remover el agua que químicamente contiene el hidrógeno.

No hay que preocuparse si el horneado dura más tiempo que el especificado y si la temperatura es un poco más alta, debido a que los electrodos son secados en la fábrica a 455°C y empacados a 50% máximo de humedad relativa.

<u>PASO</u>	<u>P R O C E S O</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>TIEMPO</u>
1	deshumidificación	71 ± (10)	2 horas *
2	re - hornado	371 ± 38	1 hora

\* Evitar la ebullición.

La cantidad de polvo de hierro en el revestimiento de E-7018, es del rango de 25% a 35%.

## REACONDICIONAMIENTO ELECTRODOS E-6010

Este tipo de electrodo no será efectivo si esta demasiado seco, requiere alrededor de 4 % de humedad. El secado es una proporción de tiempo y temperatura. En la fábrica debido a que los electrodos viajan muy rápido a través del horno, la temperatura de este es de 232°C a 260°C. Los electrodos son después empacados en cajas a 60% de humedad relativa ± 10%.

Lo que a continuación se describe son las reglas para recuperar electrodos húmedos en los cuales el revestimiento no esta agrietado ni astillado.

<u>PASO</u>	<u>P R O C E S O</u>	<u>TEMPERATURA</u>	<u>TIEMPO</u>
1	deshumidificación	71°C ± 10°C	1 hora *
2	rehorneado	116°C ± 10°C	1 hora

\* Evitar ebullición.

## PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA Y PREPARACION DE BISELES

### Uniones verticales- soldadura manual.

1er. Paso E-6010

Siguientes pasos E-7018, vertical hacia arriba.

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

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

### Uniones horizontales-soldadura arco sumergido.

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" abertura.

Preparación de 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.

Soldadura de traslape cara superior solamente en placa 1/4" con electrodo E-7024 con tantos pasos como sean necesarios para completar el filete.

### Soldadura del diafragma-soldadura manual.

Soldadura de traslape cara superior en placa 3/16" con electrodo E-7024 como en soldadura en el fondo.

### Soldadura del diafragma-soldadura semi-automática.

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 recubierto manual, según requiera la posición.

En las placas del cuerpo, la preparación de las orillas será acompañada de una aplicación manual con brocha (espesor aproximado 10 miles-0.010") de deoxyaluminite hasta por lo menos 50 mm. de la orilla para proteger el metal contra la corrosión.

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.

El procedimiento de soldadura para efectuar este tipo de obra será por cualquiera de estos tres:

- Soldadura manual
- Soldadura automática
- Soldadura semiautomática

### RESTRICCIONES EN JUNTAS Y SOLDADURAS

Se aplicarán las siguientes restricciones respecto a tipo y tamaño de juntas o soldaduras:

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

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

- a). Para planchas de 5 mm. (3/16") de espesor, usar filetes completos.
- b). Para planchas con espesor mayor de 5 mm. (3/16"), se usarán filetes con tamaño mínimo de 1/3" del espesor de la plancha más delgada en la junta, pero no menor de 5 mm. (3/16").

Las juntas traslapadas con soldadura sencilla, solo se emplearán en las planchas del fondo y del techo.

No deberá soldarse cuando las partes por soldar estén húmedas cuando este lloviendo, nevando o durante los períodos de vientos fuertes, a menos que el soldador y la obra estén debidamente protegidos.

Tampoco se soldará cuando la temperatura del metal base sea menor de  $-18^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$ ). Cuando la temperatura del metal base este entre  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$  ( $0^{\circ}\text{F}$  y  $32^{\circ}\text{F}$ ) inclusive cuando el espesor sea mayor de 32mm. (1 1/4"), el metal base dentro de un radio de 76mm. (3") del punto en donde se empieza a soldar se deberá calentar hasta sentirse tibio al tacto.

LISTA DE EQUIPO PRINCIPAL REQUERIDO PARA EL MONTAJE DE UN TANQUE DE 500,000 BISH;

- A.- 36 Máquinas de soldar, rotatorias o de rectificador para soldadura manual.  
2 Máquinas automáticas de arco sumergido para soldadura de uniones horizontales.
- B.- 1 Planta generadora de 250 kva. para casos de interrupción de corriente suministrada por PEMEX.
- C.- 2 Compresores de 300 pies cúbicos por minuto de motor diesel para proporcionar aire para ARC-AIR, herramientas de mano, etc.
- D.- 1 Grúa móvil hidráulica, con mínimo de 20 mts. de pluma.
- E.- 1 Remolque con elevador de 6 toneladas.
- F.- 1 Montacarga con llantas neumáticas, con capacidad de 5 toneladas.
- G.- 1 Pick-Up de 1/2 tonelada.
- H.- 5 Equipos de Oxí-acetileno con mangueras de 30 mts.
- J.- 40 Cables de tierra de 60 cm.  
10 Equipos Arc-Air.  
15 Esmeriles neumáticos.  
10 Cinceles neumáticos.
- K.- Tablones para andamios.  
Mensulas para andamios.
- M.- Herrajes diversos para armado: tuercas sin rosca, cuñas, pasadores, calzas, candados, etc.

## MONTAJE

Una vez que 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 de centro como referencia para los trazos subsiguientes, se verificará muy cuidadosamente la orientación de las boquillas y accesorios del tanque para que finalmente se realice la distribución de las 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.

Cuando se haya terminado la soldadura de las uniones radiales de las placas anulares, el conjunto deberá haber quedado concéntrico, la soldadura radial superior de las placas anulares deberán ser esmeriladas, la altura del cordón deberá ser de 3 mm. y el exceso de ancho de cordón a cada lado deberá ser de 1.5 mm. máximo.

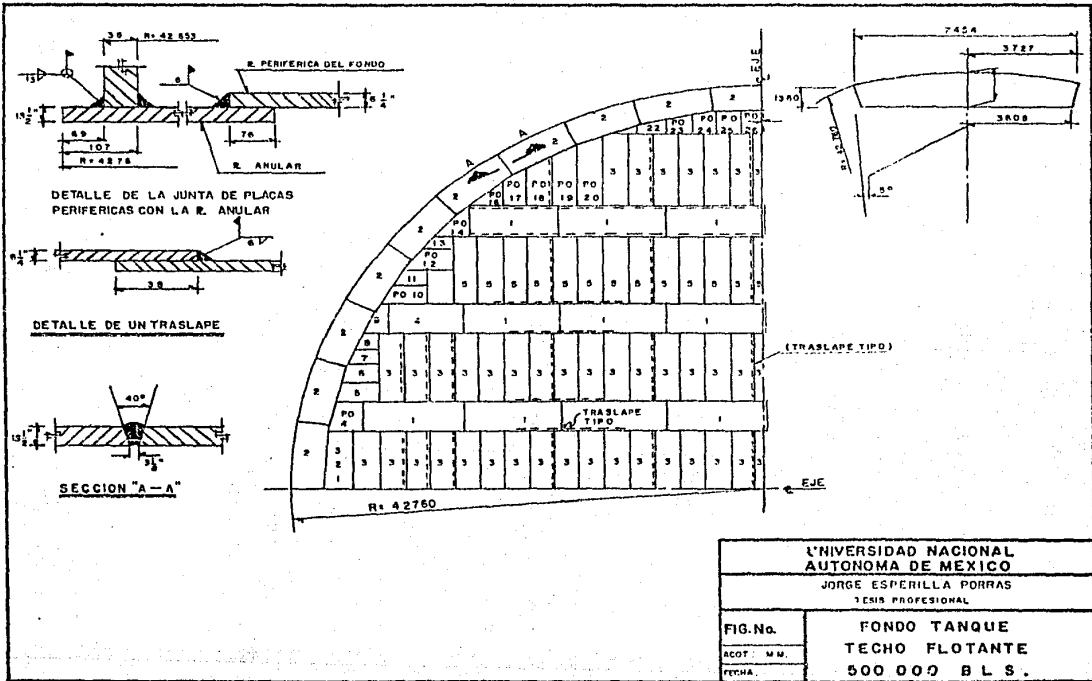
### ARMADO DEL PRIMER ANILLO DEL CUERPO

Durante la manufactura en taller de las placas del cuerpo debieron haberse mantenido cuidadosamente las medidas y tolerancias de escuadrado, ancho y largo nominales de las placas. Ya que este cuidado se reflejará en un mínimo requerimiento de mano de obra en campo para obtener las tolerancias de redondez y verticalidad que los cuerpos de tanques de gran diámetro requieren.

Contando con lo anterior se procederá al ensamble del primer anillo que deberá empezar con la placa corta que contiene la boquilla de admisión de producto, ya que será esta la boquilla que mayor precisión de orientación requerirá.

Esta primera placa se situará montada con la cara 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 obtener la abertura especificada sobre la unión vertical entre placas. 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 más 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 y se punteará el primer anillo a 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 precedir las aberturas y contracciones de los anillos siguientes y para el montaje de tanques similares en el futuro.

#### SOLDADURA VERTICAL DEL 1ER. Y 2DO. ANILLO

Antes de iniciarse el proceso de soldado deberá hacerse lo siguiente: Ob tener por los medios necesarios uniformidad de biseles, limpieza necesaria en toda la superficie por soldar y sujeción rígida de las placas.

Puntear en el extremo superior de cada placa colineal al bisel: Una placa del mismo espesor de la del anillo que se trata, con el fin de aplicar en forma continua el cordón de soldadura, las dimensiones de la placa de aumento será del espesor de cada anillo con bisel similar, longitud y ancho de 50 mm.

Una vez realizado lo anterior se procede a aplicar todos los cordones de soldadura por el lado opuesto al de instalación de los herrajes para rigidificación, precalentar de acuerdo con las normas y procedimientos de soldadura.

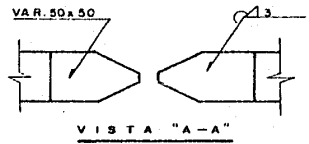
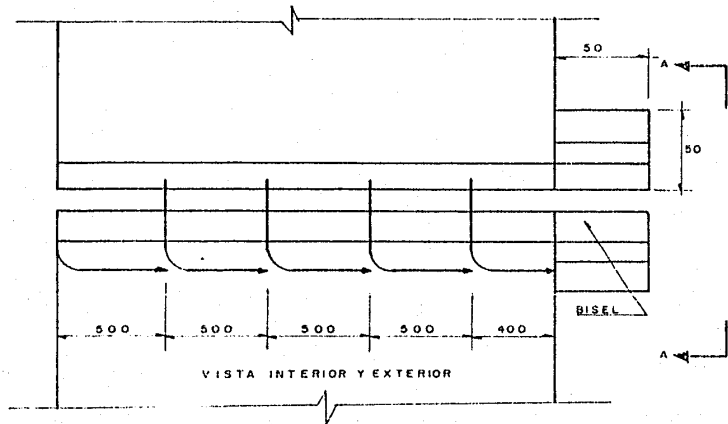
Con técnica de retroceso aplicar en forma ascendente el "fondeo", "paso caliente" y "rellenos" en tramos de 610 mm. usar electrodos AWS E-6010 de 3 mm.  $\emptyset$  para el fondeo y para los demás cordones se usará el E-7018 de 4 mm.  $\emptyset$ .

El cordón de vista, hacerlo en forma continua y ascendente con electrodo AWS E-7018 de 4mm.  $\emptyset$ , dejando una corona de 3 mm. como máximo.

Verificar la calidad de la soldadura vertical mediante inspección radiográfica al 100% en los 3 primeros anillos, ya que es en esta parte del tanque en donde se encontrará la mayor fuerza de presión por el peso del líquido almacenado o sea la presión hidrostática.

Si la calidad de la soldadura es aceptable se procede a esmerilar el cordón interior con pulido fino; en caso contrario proceder a su reparación en la forma siguiente:

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
JORGE ESPERILLA PORRAS TECISIS PROFESIONAL	
FIG.No.	TECNICA DE RETROCESO EN APLICACION DE SOLDADURA
ACOT. MM.	
FECHA:	



## SOLDADURA DE FILETE ENTRE PLACA ANULAR Y EL PRIMER ANILLO

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.

El proceso de soldadura podrá ser manual con electrodo recubierto E-6012 o con automática, arco sumergido, primero por el lado interior y posteriormente en el exterior.

Es de vital importancia precalentar a una temperatura de 100 °CA 150°C la placa del primer anillo en una longitud de 300 mm. arriba del anillo anular para aplicar la soldadura de filete.

## MONTAJE Y SOLDADO DEL SEGUNDO ANILLO

El montaje del segundo anillo se realiza en forma similar al primero y al terminar el armado se toman lecturas de deformaciones y en caso necesario se corrigen las desviaciones para iniciar la soldadura de las uniones verticales, tomándose nuevamente las deformaciones para así tener otro punto de apoyo para continuar la siguiente etapa, caso contrario analizar los resultados y proceder a la corrección.

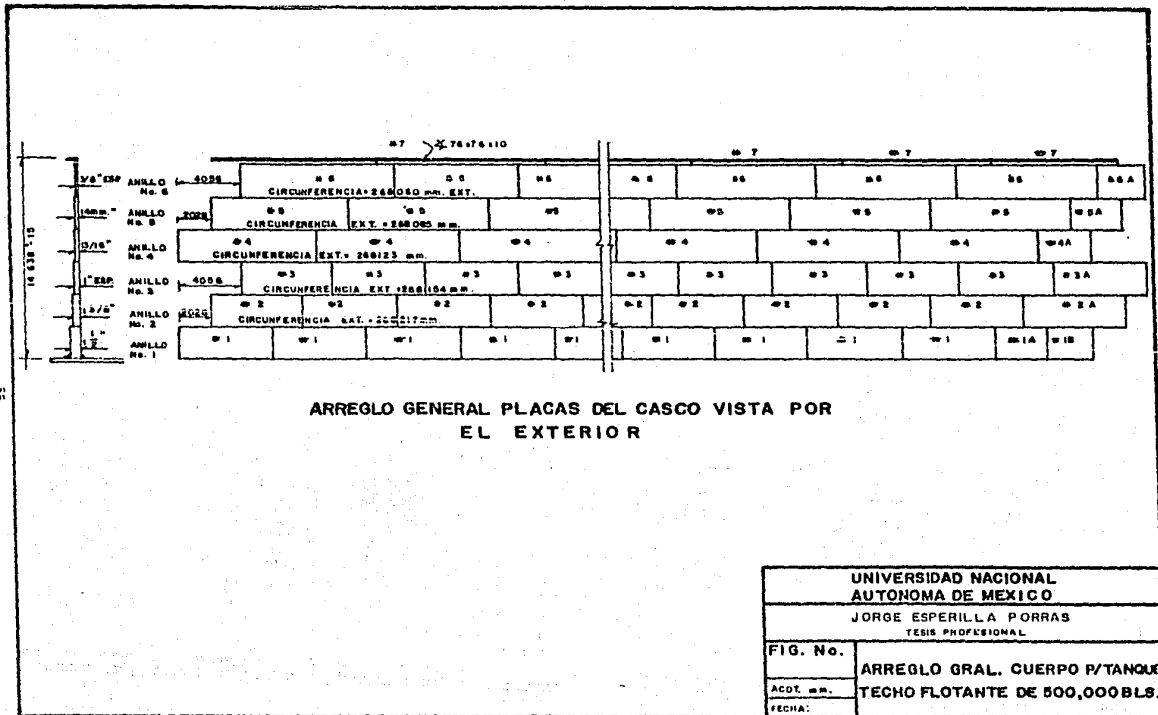
El sistema de soldadura para la horizontal del primero y segundo anillo será la automática, empleando soldadura arco sumergido y la limpieza debe ser tal que no haya socavados, que las asperezas sean tales que permitan que se pase la mano sin lastimar. Sanear la raíz de la soldadura con equipo de Arco-Aire y electrodo de carbón cobrizado de 6 mm. Ø.

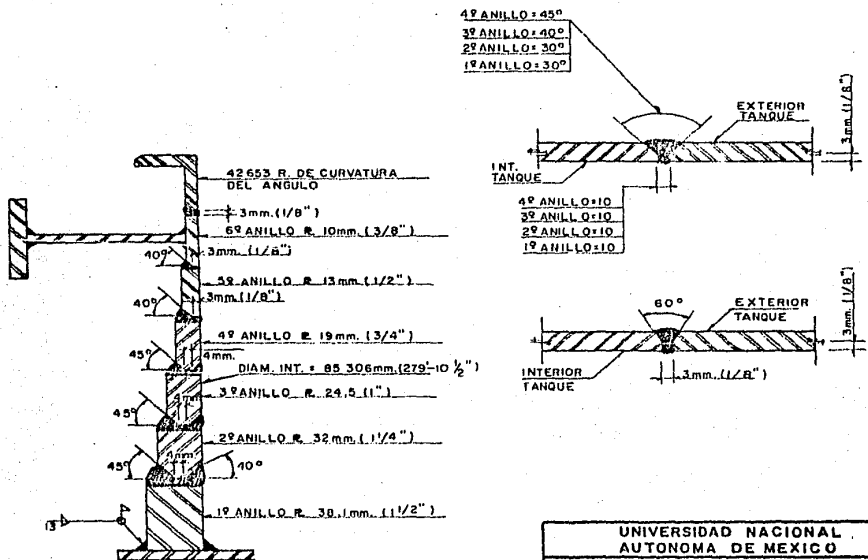
Inspeccionar radiográficamente con equipo de rayos "X" imprimiendo placas de 430 mm. en cada cruce y dos tomas de la misma longitud en cada placa que forman el perímetro del tanque.

## ARMADO DE LOS ANILLOS 3,4,5 Y 6

Previo el armado de cada anillo se preparan los andamios para que posteriormente montar el anillo superior cuando se ha terminado el montaje y soldado vertical y horizontal de los anteriores.

SEGUIR PARA CADA ANILLO LO DESCRITO PARA EL 2DO. ANILLO





<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
<b>FIG. No.</b>	<b>DETALLES DE JUNTAS HORIZON- TALES Y UNIONES VERTICALES.</b>
<b>ACOT: MM</b>	
<b>FECHA:</b>	

## 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. Conformar sin afectar la verticalidad del anillo, puntear cordones de 50 mm, a cada 500 mm, para apoyar el anillo al cuerpo del tanque y espesor a completar la soldadura de filete cuando se haya concluido la soldadura vertical y horizontal del cuarto y quinto anillo.

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.

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

Una vez realizado lo anterior se culminará con una limpieza absoluta en el interior y exterior del tanque y obtener así un tanque con envolvente concéntrico y con paredes excentos de rebabas y/o crateres que provoquen daños o fugas de vapores al sello del techo.

Los crateres serán resanados con electrodo E-7018 de 3 mm.  $\varnothing$  empleando equipo manual y pulir mediante disco abrasivo, las partículas sobresalientes de la pared del tanque.

## TECHO FLOTANTE

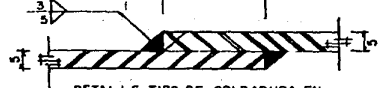
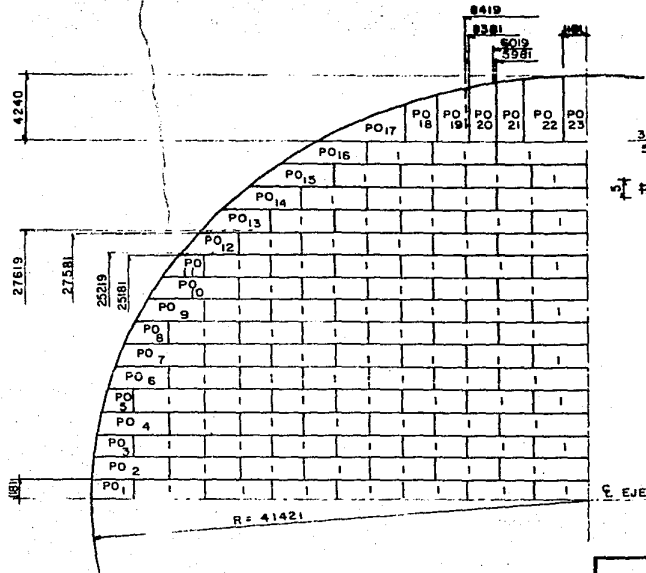
### ARMADO DEL PONTÓN.

- a). Una vez que haya sido terminada la soldadura de las placas del fondo y los dos primeros anillos, se procede a montar la totalidad de placas de cubierta inferiores de pontones sobre el andamiaje tubular.
- b). Colocar las secciones superior e inferior de las envolventes exteriores del pontón sobre la cubierta inferior y proceder a soldarlas.
- c). Cerrar la envolvente exterior recortando la placa de cierre, soldar y hacer la limpieza de la soldadura con el esmeril por la parte exterior.
- d). Una vez soldado en su totalidad el pontón, el siguiente paso será el tendido de las placas del diafragma hasta su posición con una pendiente máxima de 1:120 de la horizontal, soldando las del anillo de fijación del pontón.
- f). Localizar las boyas, colocar y soldarlas.
- g). Localizar la guía anti-rotación, colocar el soporte y con plomado transportar las aberturas de la camisa guía en los pontones y la posición del soporte inferior, amar y soldar el conjunto y verificar hermeticidad de la camisa-guía.

Al realizar todo lo anterior, se deberá tener mucho cuidado en la localización e instalación adecuada de todos los accesorios que se encuentran en la cúpula, como son: escalera rodante, válvulas automáticas de venteo, pozo del flotador, registros de muestreo, ventilas manuales, etc.

A continuación procederá a la instalación del turbosello verificando que toda rebaba, borde, cordón de soldadura, etc. en la parte interior del cuerpo del tanque haya sido alisada totalmente, tanto en el cuerpo arriba del sello como debajo del mismo.

Conectar y probar hermeticidad del sistema de drenaje de la cúpula, con la cual quedará terminado el montaje del techo flotante.



DETALLE TIPO DE SOLDADURA EN LAS PLACAS DEL DIAFRAGMA.

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
JORGE ESPERILLA PORRAS TESIS PROFESIONAL	
FIG. No.	<b>ARMADO DEL DIAFRAGMA</b>
ACOT: m.m.	<b>TANQUE 600,000 BLS.</b>
FECHA:	

## TOLERANCIAS APLICABLES A TANQUES DE 500,000 BARRILES

a). Verticalidad.

La tolerancia máxima fuera de la vertical de la parte superior de la envolvente con respecto a la parte baja del primer anillo no deberá exceder de 0.5% de la altura total del tanque.

b). Redondéz.

La variación máxima del radio del tanque con respecto a su radio normal, 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 placas de 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 plantilla de 900 mm. de largo, las placas en las uniones horizontales no se hundirán o levantarán más de 13 mm. de una línea vertical.

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

## C A P I T U L O   V I

### INSPECCION DE SOLDADURA Y RELEVADO DE ESFUERZOS



Considerando la importancia y el gran uso que tiene la soldadura dentro de la construcción y mantenimiento de tanques de este tipo, ha sido necesario contar con técnicas que garanticen que una determinada unión este libre de defectos o por lo menos que los defectos existentes sean aceptables de acuerdo a lo establecido por las especificaciones.

Estas técnicas de prueba deben ser del tipo no destructivo, pues la inspección de la soldadura es en un alto porcentaje lo que no podría ser realizado con pruebas destructivas. La característica principal de las pruebas no destructivas lo marca su nombre, o sea se puede probar una pieza por medio de estas técnicas sin necesidad de causarle ningún daño.

## T E C N I C A S

### LIQUIDOS PENETRANTES.

El método de inspección con líquidos penetrantes, se emplea para encontrar defectos que son muy pequeños o el acabado superficial no permite distinguirlos. Esta técnica consiste en agregar un líquido a la superficie donde se presume que puede haber una grieta, el líquido penetra en el defecto por capilaridad y lo hace visible. El líquido tiene que ser colorido o fluorescente bajo luz ultravioleta para que fácilmente se observe. La superficie antes de probarse deberá estar limpia y libre de aceite. Hay que tener cuidado cuando se usa esta técnica en aceros inoxidables que los productos empleados no sean compuestos de cloro o de azufre, pues estos corroen al acero. El tiempo requerido para que el líquido penetrante actúe es de 15 minutos aproximadamente. Su limitación principal es que sólo detecta defectos superficiales.

## RADIOGRAFIA.

La inspección radiográfica hace uso de las radiaciones X y Gama. Debido a su pequeña longitud, estas radiaciones de onda penetran a la estructura de los metales haciendo visibles los defectos internos en una pantalla fluorescente o una placa fotográfica; éste último es el más usado ya que permite conservar una constancia de la prueba. El fundamento de esta técnica es el siguiente: Cuando un haz de rayos "X" o "Gama" pasa a través de un objeto, este absorberá una cierta cantidad de radiación que dependerá de su espesor y de su capacidad natural para absorber radiaciones. En general en los metales esta capacidad es grande; ahora si en el extremo opuesto a la fuente y teniendo el objeto de por medio se pone una película fotográfica, las radiaciones que logren atravesar el objeto impresionarán la película. Pero si dentro del objeto radiado existe una cavidad o un metal distinto que absorba en forma diferente las radiaciones, el espesor efectivo del objeto disminuirá y se registrará en la placa fotográfica notándose un cambio de tonalidad en ella. La interpretación adecuada de estos cambios de tonalidad indicará la forma y tipo de defectos que existen.

Las fallas más comunes que se pueden presentar en puntos soldados y que pueden ser detectados por la radiografía son los siguientes:

1. Inclusiones de gas porosidad
2. Inclusiones de Escoria.
3. Línea de Escoria.
4. Doble línea de Escoria.
5. Falta de penetración.

6. Falta de fusión.
7. Rotura longitudinal.
8. Rotura transversal.
9. Socavado externo.
10. Socavado interno.
11. Quemada.

## PARTICULAS MAGNETICAS.

Este método se utiliza para detectar la presencia de grietas, inclusiones de Escoria, Porosidad en materiales magnéticos o sea los materiales ferrosos. Este método detecta también las discontinuidades de superficies demasiado finas, ~~para ser~~ apreciadas en una inspección visual y las que están ligeramente abajo de la superficie. El principio básico aplicado en este método, es que cuando se establece un campo magnético en un material ferroso con propiedades magnéticas y que contenga una o más discontinuidades en la trayectoria del campo magnético, se originan diminutos polos magnéticos en las discontinuidades. Estos polos tienen una atracción más fuerte que la superficie que los rodea. Por lo que, ejerce una fuerza de atracción mayor sobre las partículas magnéticas que previamente han sido rociadas sobre la pieza. La pieza que va a ser inspeccionada se magnetiza haciendo pasar una corriente de elevado amperaje, el campo magnético es interrumpido por las discontinuidades y se origina una fuga en la superficie. Las áreas que van a ser inspeccionadas se cubren con partículas magnéticas finamente divididas, éstas partículas se agrupan alrededor de las discontinuidades debido a la mayor fuerza de atracción de los polos diminutos ahí formados y muestran con gran aproximación la forma de la discontinuidad.

La forma, la agudeza de la línea exterior, el ancho y la altura a las que las partículas magnéticas son arrastradas, son los conceptos principales con que se diferencian unas discontinuidades de otras.

## INTERPRETACION DE LAS INDICACIONES

### 1. GRIETAS SUPERFICIALES.

Sus formas son claramente mostradas por el polo magnético, con la característica que cuando más profundo sea la grieta, mayor será la cantidad de polvo atraído a su alrededor, formando un cordón muy compacto.

### 2. GRIETAS ABAJO LA SUPERFICIE.

Sus condiciones presentan una superficie, como si tuviera pelusa, sus contornos son menos claros que las grietas superficiales, pues las partículas son atraídas con menos fuerza.

### 3. FUSION INCOMPLETA.

Generalmente se muestra por la acumulación de polvo en el lado de la soldadura en que la fusión no es completa y la forma producida es más claramente definida, cuanto más próxima a la superficie se encuentra la falla.

### 4. POROSIDAD BAJO LA SUPERFICIE.

Son formas de polvo claramente definidas, no son tan fuertes ni pronunciadas como en las indicaciones de superficie, pero se distinguen rápidamente. Actualmente no exis-

ten normas aceptadas en general para la inspección magnética, aunque algunas compañías han desarrollado normas propias basadas en sus necesidades de servicio para aplicar un criterio constante en la inspección magnética de juntas soldadas.

#### EVALUACION.

La inspección, debe determinar la solidez de la soldadura y cualquier defecto si lo hay, y la soldadura juzgada como aceptable, reparable o definitivamente rechazable.

#### ULTRA-SONIDO.

Esta prueba no destructiva, es la que comunmente nos sirve para detectar las fallas que pudieran tener los materiales que a simple vista no lograríamos observar. Como los metales son buenos conductores del sonido, es posible hacer pasar una onda sonora a través de una pieza metálica y detectar si existe una interferencia para el sonido, para esto se emplean ondas de alta frecuencia las que al entrar al metal tienen una dispersión mínima. Estas ondas de alta frecuencia se generan haciendo vibrar un cristal de cuarzo, usando el efecto piezoeléctrico del mismo.

Se emplean principalmente dos técnicas: La de transmisión y la de pulso eco. En la técnica de transmisión se emplea un emisor puesto en un lado de la pieza a probar y un receptor colocado en el otro extremo; la caída de intensidad de la onda indicará la existencia de una falla dentro de la pieza.

En la técnica de pulso-eco, se emplea un solo transductor que funciona como emisor y como receptor, la señal se recibe usando un tubo de rayos catódicos en el que se observa

un pico inicial que es la indicación de la onda que entra a la pieza a probar y un pulso final que es el eco o la onda que refleja el lado opuesto de la pieza. Si existe una interferencia a la onda, se recibe un pico ó señal intermedia entre el inicial y el final.

## RELEVADO DE ESFUERZOS.

Las características fundamentales que determinan el comportamiento de un acero son: Su composición Química, su microestructura y las tensiones residuales.

De un acero, con una composición Química determinada se pueden obtener diferentes propiedades mecánicas cambiándole su microestructura y esto se puede hacer por medio de un tratamiento térmico.

## TRATAMIENTO TERMICO.

Se define como una serie de operaciones consistentes en un calentamiento de los metales o aleaciones a una velocidad de calentamiento uniforme, alcanzada la temperatura del tratamiento se mantiene un tiempo determinado, seguido de un enfriamiento con modalidades especiales (enfriamiento instantáneo, lento o con escalones de temperatura intermedia).

## OBJETO DEL RELEVADO DE ESFUERZOS.

El objeto del relevado de esfuerzos para las juntas soldadas, es el siguiente:

- a). Reducir los esfuerzos térmicos establecidos durante la operación de la soldadura. Los esfuerzos térmicos son causados por la alta temperatura del arco, que obliga al material a expandirse en un área localizada. La presión debido a esta expansión comprime al material próximo a la zona fría y se establece un esfuerzo térmico en ese punto de hecho, esta causada por la diferencia de temperatura o de coeficiente de expansión. La reducción del gradiente de temperatura es uno de los medios para con--

tribuir a la reducción de los esfuerzos térmicos.

b). Reducir las zonas duras causadas por la absorción de nitrógeno o de oxígeno del aire y por un incremento del contenido de carbono en el metal depositado. Estas zonas duras se eliminan mediante el calentamiento uniforme del material a una temperatura suficiente para hacer que las partículas de carbono divididas de una manera extremadamente finas, entren en solución y se precipiten en partículas mayores, formando así un menor número de partículas de carbono esferoidales de mayor tamaño que son más suaves y ductiles. También se producen zonas endurecidas por la acción de templado de la soldadura en el metal frío, por el enfriamiento sin control después del relevado de esfuerzos. El ciclo de enfriamiento controlado del programa de relevado de esfuerzos alivia esta condición.

c). Reducir o bajar la dureza Brinell del material. Esto es en función del ciclo de enfriamiento controlado. Generalmente, las especificaciones de un trabajo exigen que la dureza Brinell de una junta soldada sea inferior a una cifra especificada, después del relevado de esfuerzos, puesto que este es uno de los medios para comprobar que la junta se ha relevado de esfuerzos y que se ha seguido un programa de enfriamiento controlado.

#### MÉTODOS DE RELEVADO DE ESFUERZOS

- a). Horno
- b). Oxi-acetilenico.
- c). Resistencia eléctrica.
- d). Relevado por inducción.



## PROGRAMA DE RELEVADO DE ESFUERZOS

### VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO.

Como se mencionó anteriormente en "Objeto del relevado de esfuerzos"; Los esfuerzos térmicos se deben a la expansión del material en una área localizada, aproximadamente a 6 cm. del punto de unión. Al acercarse a la temperatura de relevado de esfuerzos con una velocidad alta, pueden introducirse esfuerzos térmicos al material como en el caso de la temperatura del arco, la diferencia esta en que los esfuerzos térmicos quedarán más lejos de la junta soldada. Una velocidad lenta y controlada dará un bajo gradiente de temperatura, permitiendo que el calor se extienda en el material y evitará la introducción de nuevos esfuerzos térmicos. Para aceros al carbón que es el material con el cual es construido nuestro tanque, la velocidad de calentamiento se recomienda que no sea mayor a los 300°F/Hora.

### TEMPERATURA Y TIEMPO DE SATURACION

La temperatura de saturación o de relevado de esfuerzos es aproximadamente de 40°C. abajo del límite crítico o de transformación del material. Este es el intervalo de temperatura dentro del cual se forma austenita mientras se calientan las aleaciones ferrosas. Los límites dependen de la composición de la aleación y de la velocidad de variación de temperatura, particularmente durante el enfriamiento del material, esta gama de transformación es a temperaturas menores durante el ciclo de enfriamiento que durante el ciclo de calentamiento. El tiempo de saturación depende del espesor del material, como regla práctica generalmente se habla de una hora por pulgada de espesor del material y de una hora como mínimo independientemente del espesor del material.

El tiempo de saturación garantiza una distribución todavía más uniforme del calor en todo el espesor del material, permite una propagación del calor prolongada para contribuir a la eliminación de los esfuerzos térmicos y garantiza un relajamiento completo del material con el objeto de eliminar los esfuerzos residuales.

### VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO

La velocidad de enfriamiento controlada, reduce la acción de templeado que forma puntos endurecidos en el material, además contribuye a obtener una baja dureza Brinell, una velocidad de enfriamiento uniforme evita la formación de nuevos esfuerzos en la junta.

El relevado de esfuerzos de las juntas soldadas pueden hacerse en cualquier material o en cualquier unión soldada. En general, los aceros al carbón con una mínima resistencia a la tracción de  $29 \text{ kg/mm}^2$  a  $53 \text{ kg/mm}^2$ , y con un espesor de pared de 19 mm ó más.

**TRATAMIENTOS TÍPICOS DE RELEVADO DE ESFUERZOS, PARA ALGUNAS ALEACIONES FERROSAS.**

MATERIAL	TEMPERATURA °F	TIEMPO DE SATURACION, HRS/PULG DE ESPESOR.
<b>ACERO AL CARBÓN.</b>		
Menos del 0.35% C, menos de 3/4"	-----	-
Menos de 0.35% C, 3/4" ó más	1100-1250	1
Más de 0.35% C menos de 1/2"	-----	-
Más de 0.35% C, 1/2" ó más	1100-1250	1
<b>ACERO AL CARBONO-MOLIBDENO (Cualquier espesor).</b>		
Menos de 0.20% C	1100-1250	2
0.20% C a 0.35% C	1250-1400	2
<b>ACERO AL CROMO-MOLIBDENO (Cualquier espesor)</b>		
2% Cr., 0.5% Mo.	1325-1375	2
2.25% Cr., 1% Mo y 5% Cr., 0.5% Mo.	1350-1400	3
9% Cr., 1% Mo.	1375-1425	3
<b>ACERO INOXIDABLE AL CROMO (Cualquier espesor)</b>		
Tipos 410 y 430	1425-1475	2
Tipos 405 (Generalmente no se requiere para espesores inferiores a 3/4").		
<b>SOLDADURA DE MATERIALES DISÍMBOLOS</b>		
Acero al Cr-Mo, con acero al carbón ó con acero al carbón-molibdeno	1350-1400	3
Tipos 410 y 430 con cualquier otro acero.	1350-1400	3

C A P I T U L O V I I

P R U E B A S

## P R U E B A S

### PRUEBAS DE HERMETICIDAD.

La finalidad de estas pruebas es la de verificar si existen ó no defectos en las diversas juntas de la soldadura, para que en caso de que existan sean reparadas, antes de que el tanque sea entregado a la rama operativa. La forma en que se efectúen estas pruebas será la repercusión en la seguridad de las instalaciones, ya que estos tanques contendrán petróleo crudo que por contener compuestos volátiles e inflamables se correrá el riesgo de producir un incendio, por lo que es muy recomendable que estas pruebas se hagan con la efectividad que lo ameritan para evitar lo antes mencionado. Además de las pérdidas económicas y del tiempo al tener que hacer las reparaciones posteriormente.

### PRUEBA DE HERMETICIDAD DE FONDO.

Para efectuar esta prueba se tendrá que tener por lo menos construido el primer anillo de la envolvente con el fondo. Pero también esta prueba podrá ser realizada hasta la terminación completa del tanque, y así tener la certeza de que la fuerza resultante de aplicar 152 mm. (6") de presión debajo del fondo pueda ser contrarestada.

Existen dos métodos por los cuales se puede realizar esta prueba:

#### A).-METODO DE PRESION.

Se construirá un bordo provisional impermeable alrededor del tanque el cual se llenará con agua hasta una altura suficiente que nos proporcione una presión de 152 mm. (6") de co-

# TESIS CON BOLLAS DE ORIGEN

## PRUEBAS

### PRUEBAS DE HERMETICIDAD.

La finalidad de estas pruebas es la de verificar si existen ó no defectos en las diversas juntas de la soldadura, para que en caso de que existan sean reparadas, antes de que el tanque sea entregado a la rama operativa. La forma en que se efectúen estas pruebas será la repercusión en la seguridad de las instalaciones, ya que estos tanques contendrán petróleo crudo que por contener compuestos volátiles e inflamables se correrá el riesgo de producir un incendio, por lo que es muy recomendable que estas pruebas se hagan con la efectividad que lo ameritan para evitar lo antes mencionado. Además de las pérdidas económicas y del tiempo al tener que hacer las reparaciones posteriormente.

### PRUEBA DE HERMETICIDAD DE FONDO.

Para efectuar esta prueba se tendrá que tener por lo menos construido el primer anillo de la envolvente con el fondo. Pero también esta prueba podrá ser realizada hasta la terminación completa del tanque, y así tener la certeza de que la fuerza resultante de aplicar 152 mm. (6") de presión debajo del fondo pueda ser contrarestada.

Existen dos métodos por los cuales se puede realizar esta prueba:

#### A). METODO DE PRESION.

Se construirá un bordo provisional impermeable alrededor del tanque el cual se llenará con agua hasta una altura suficiente que nos proporcione una presión de 152 mm. (6") de co-

lumna de agua abajo de las placas de fondo, también se requerirá de la instalación de una o más boquillas en el fondo del tanque por las cuales se inyectará aire hasta alcanzar también una presión de 152 mm. (6") de columna de agua. Esta presión se medirá instalando en otra boquilla sobre el fondo un manómetro diferencial construido con un tubo en forma de "U".

Aplicando al mismo tiempo a las juntas de soldadura o traslape una solución jabonosa o aceite de linaza, u otro líquido apropiado para formar burbujas, las cuales nos indicarán un índice de probables fugas. Estas deberán ser reparadas y probadas nuevamente hasta que el desperfecto desaparezca completamente.

Al aplicar este método se deberá tener cuidado de no dañar la cimentación ni el fondo del tanque.

#### RECOMENDACIONES PARA ESTE TIPO DE PRUEBA.

- a). Para la construcción del bordo perimetral se tendrá cuidado de no sobrepasar la altura de 152 mm. (6") instalando un rebosadero a esa altura con el fin de no rebasar la presión de agua especificada para la prueba.
- b). Antes de hacer el llenado de agua al bordo perimetral debe instalarse el arreglo de boquillas y el manómetro diferencial, comenzando la inyección de aire al fondo y después el llenado del bordo perimetral. Esto se hará para minimizar la filtración del agua entre la carpeta asfáltica y el fondo.
- c). Se deberá tener la seguridad de que el avance de construcción se tal que pueda contrarrestar la fuerza resultante al aplicar la presión de 6" columna de agua debajo del fondo.

## LIMITACION.

Esta prueba de hermeticidad de fondo por el método de presión no es muy recomendable para tanques de gran capacidad como son los de 500,000 Bls., y tanques cuyo diámetro sea mayor de 28 mts. de diámetro; debido a los esfuerzos que se inducen al tanque durante la presurización del fondo.

B). METODO DE VACIO. Esta prueba se efectuará con una caja metálica de pruebas de 152 mm. (6") de ancho por 762 mm. (30") de longitud con su tapa de vidrio, para poder observar las juntas. El fondo abierto de la caja se sellará contra la superficie del tanque mediante un empaque de hule blando. Esta caja tendrá también todos los accesorios necesarios como son: válvulas y manómetros que también serán requeridos para este tipo de prueba.

A cada tramo de la junta en prueba de 762 mm. (30") se le aplicará una solución jabonosa ó aceite de linaza. En climas frios se aplicará una solución que no se congele. La caja de vacío se colocará sobre la junta de soldadura que se va a probar la cual previamente ha sido untada con la solución aplicandose inmediatamente el vacío. La presencia de porosidad o fugas por defectos de soldadura se podrá observar por el burbujeo o espuma que es producida a través de la soldadura.

El vacío en la caja de pruebas se obtendrá, por cualquier método; ya sea conectando la caja al múltiple de admisión de un motor de combustión interna ó mediante un eyector de aire o por medio de una bomba de vacío.

## RECOMENDACIONES PARA ESTE TIPO DE PRUEBAS.

a). Se deberá verificar que la superficie este libre de cos-



tras de oxidación.

- b). Asegurarse que el vacío en la caja, se mantenga por lo menos durante un tiempo de 15 segundos para la observación adecuada.
- c). Verificar que en cada tramo de prueba se tenga aproximadamente de 5 a 10 cm. de traslape entre tramo y tramo para asegurar el 100% de inspección en las juntas.

#### VENTAJAS.

Es que no ocasiona los problemas de la prueba neumática y garantiza en forma eficiente la hermeticidad. Por lo tanto, esta es la forma más adecuada para probar la hermeticidad de fondo en tanques de gran capacidad, como son los tanques de 500,000 Bls.

#### PRUEBA DE HERMETICIDAD DEL CUERPO.

El objetivo de esta prueba es la de verificar si existen o no fugas en las juntas de soldadura, y comprobar si estas son capaces de resistir la presión ocasionada por el llenado del tanque. Esta prueba se realizará hasta que el cuerpo del tanque este 100% construido.

#### PRUEBA DE HERMETICIDAD DE CUERPO.

- a). PRUEBA HIDROSTATICA. Esta se llevará a cabo si se dispone con suficiente  $H_2O$ , y si esto se tiene se procederá hacer el llenado del tanque inspeccionándolo constantemente para localizar fallas en la soldadura. Durante la prueba se harán nivelaciones topográficas de la cimentación de acuerdo a normas y especificaciones establecidas, como el llenado del tanque representa una prueba de carga para la cimentación, la secuencia del -

llenado y vaciado se deberá también ajustar a lo especificado en el estudio correspondiente de mecánica de suelos.

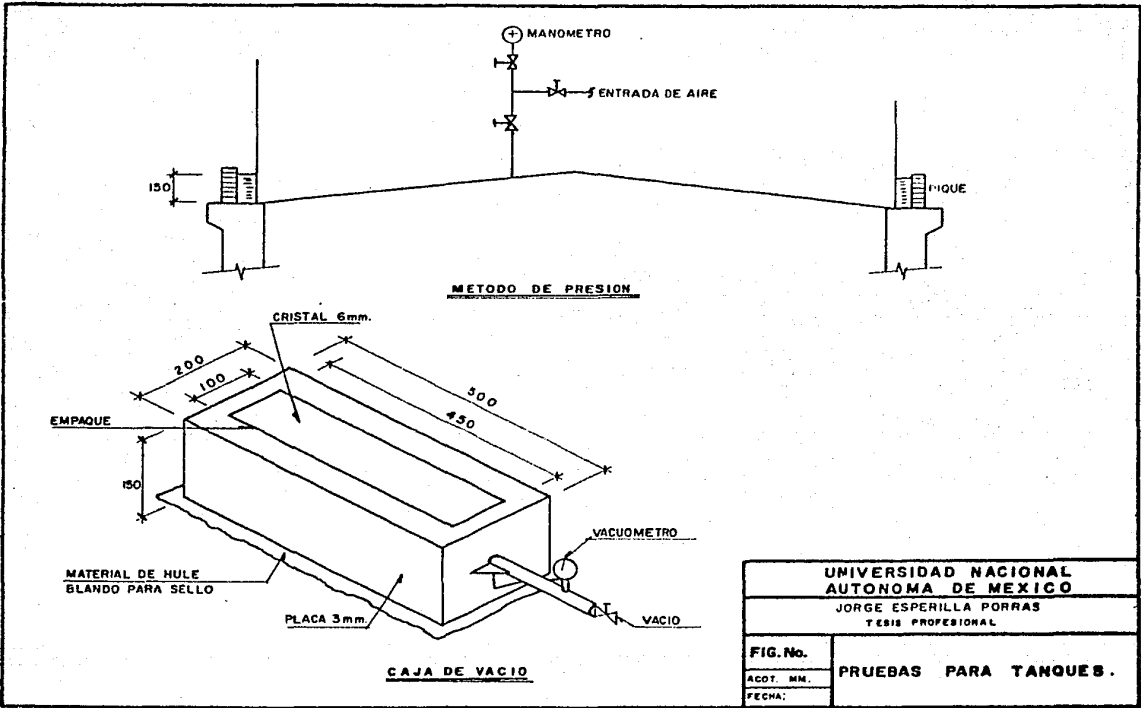
b). METODO DE VACIO. Esta prueba se llevará en igual forma a la prueba de fondo aplicando vacío por el interior o exterior de las juntas.

c). APLICACION DE LIQUIDOS PENETRANTES. Esta prueba se llevará a cabo hasta que las juntas de soldadura queden libres de costras de óxido y después se procederá a aplicar por el lado interior del tanque una solución de aceite altamente penetrante. Por medio del cual se observará la porosidad en la soldadura. La aplicación del líquido penetrante se efectuará en forma ascendente para una mayor efectividad de esta.

d). METODO DE PRESION. Este consiste en aplicar aire a presión por la parte interior y aplicando por el exterior jabonadura u otra material apropiado para detectar las imperfecciones en la soldadura. La presión aplicada no deberá exceder al equivalente al peso de las placas del techo.

#### PRUEBA DE HERMETICIDAD DE CUPULA.

La hermeticidad de la cúpula deberá ser necesaria; ya que estos tanques almacenarán petróleo crudo, del cual se desprenderán vapores tóxicos que serán un riesgo potencial para el personal que laborará en la periferia de estos y también contribuirán al envenenamiento ambiental. Es por esto que se deberán hacerse todas las pruebas que sean necesarias. Los métodos de prueba son los que se describieron en la prueba de fondo.



## PRUEBA DE FLOTACION DE CUPULA.

La prueba de flotación, se realizará durante un llenado y vaciado del tanque. Lastrando el techo de acuerdo con la densidad específica del líquido por almacenar.

Durante esta prueba se deberá inspeccionar la parte superior de la cubierta en busca de fugas, la aparición de manchas de humedad en la cubierta debe considerarse como evidencia de fuga. Los sistemas de tuberías y mangueras de drenaje principal de la cúpula deberán probarse hidrostáticamente a  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  ( $50 \text{ lb/pulg}^2$ ). Durante la prueba de flotación las válvulas de drenaje del techo deberán mantenerse abiertas y observar si hay fugas del contenido del tanque por las líneas de drenaje.

La flotación inicial se deberá hacer sin lastrar el techo y una vez que las patas de soporte se separaron del fondo se procederá a lastrar el techo. Para poder efectuar la prueba de flotación la superficie interior de la envolvente deberá estar libre de rebabas de soldadura o cualquier otro material extraño que pueda dañar el sello perimetral del techo durante su ascenso y descenso.

Es recomendable que la cubierta flotante sea del tipo de contacto para minimizar la presencia de cualquier mezcla de aire-vapor bajo la cubierta, además esta deberá ser construida para flotar y permanecer en posición horizontal plana y sin pendientes, también se debe inspeccionar que la cúpula tenga todos sus accesorios, como son los venteos, los cuales deberán ser los necesarios únicamente para así evitar el sobre-esfuerzo de la cubierta del techo o de la membrana de sello. Estos venteos son indispensables ya que deberán eva--

cuar el aire o gas debajo del techo, cuando ésta descansa sobre sus soportes durante la operación de vaciado. El proyectista deberá proporcionar claramente los regímenes de vaciado y llenado para dimensionar correctamente los venteos.

El techo flotante deberá tener soportes fijos y la longitud de estos soportes o el nivel de operación más bajo del techo será aquel que asegure un suficiente espacio abajo del techo flotante para que funcionen sin riesgos, los dispositivos del tanque tales como mezcladores, tubería interior, conexiones para llenado y descarga.

Estos soportes hechos de tubo deberán ranurarse o perforarse en la parte inferior para drenarlos.

**C A P I T U L O   V I I I**

**L I M P I E Z A   Y   P I N T U R A**

## LIMPIEZA Y PINTURA

Terminada la erección y antes de las pruebas, el Ingeniero Supervisor se asegurará de que todo el material de deshecho y el defectuoso originado por la erección sea removido, debiendo dejar el tanque en buenas condiciones para su operación.

### LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA. (Samblasteadó).

Este sistema se refiere a la limpieza de superficies metálicas aplicando un chorro de aire con arena. En ciertos casos se ha considerado conveniente el uso de granalla metálica de tipo especial en vez de arena y también se pueden usar -- otros abrasivos, pero en todos los casos el sistema se denomina limpieza con chorro de arena.

Su procedimiento consiste en:

- a). Una limpieza manual que conste de las operaciones de descostrado y limpieza final de escorias.
- b). Los depósitos de óxido, pintura adherida y cualquier otra substancia extraña serán totalmente removidas de la superficie por medio del chorro de arena
- c). El agente abrasivo será arena seca clasificada entre mallas US-18 y US-80. cuarzosa o silicosa. No podrá usarse arena contaminada con sales.
- d). El aire usado para aplicar el chorro de arena, deberá estar exento de H<sub>2</sub>O, aceite y grasa.

El aspecto que presentará se denomina "comercial" que consiste en que la superficie deberá tener un aspecto color gris obscuro. No se requiere que sea uniforme pero no debe

rá tener restos de óxido, pintura, grasa, aceite o muestras extrañas para que se acepte la superficie limpia, deberá tener el mismo aspecto que un área de 2 cm. seleccionada previamente como patrón y representativa de las condiciones generales y a satisfacción de la supervisión.

Ya obtenida la limpieza por chorro de arena, el tiempo máximo que se permitirá que transcurra entre la limpieza y la protección de la superficie es de 4 horas, el Ingeniero Supervisor deberá estar al pendiente de la protección de la superficie o sea del recubrimiento primario y el acabado para que no se exceda el límite fijado.

#### PINTURA.

Para la aplicación de los recubrimientos generalmente se efectúa con brocha o aspersión. Nunca debe recubrirse sobre superficies mojadas o húmedas, ni cuando la atmósfera sea extremadamente húmeda. No se deberá aplicar recubrimiento cuando la temperatura sea menor a 5°C.

El método de aplicación de recubrimiento más común es el de aspersión, que consiste en tener una pistola de aspersión y con un pequeño compresor suministramos el aire que al dar cierta presión nos da la aplicación más rápida y las películas resultantes son más uniformes en espesor y por consecuencia con menos pérdida de material.

Tanto para los trabajos de preparación de superficies como de aplicación de los recubrimientos, se deberá proceder de acuerdo a las normas de Seguridad de Petróleos Mexicanos.



El material utilizado para el recubrimiento primario, es un alquitrán de hulla epoxico catalizado (color negro).

En el acabado un RA-22 vinílico altos sólidos (blanco). Al término de la pintura nos corresponde el chequeo de la misma cuando se encuentra como, película seca, para tal caso utilizamos un calibrador de espesores de tipo magnético operado por imanes permanentes, como es el llamado "Mikrotest". El espesor de la película por capa deberá ser de 3 mm. deben hacerse Cuantas mediciones sean necesarias para poder determinar la uniformidad general del espesor del recubrimiento y se determine si los espesores máximos y mínimos especificados se cumplen.

C A P I T U L O IX

ESTUDIO ECONOMICO

## IX. ESTUDIO ECONOMICO.

El estudio económico en la erección del tanque, se basará uno fundamentalmente en los precios unitarios tabulados por Petróleos Mexicanos, ya que su construcción lo lleva a cabo compañías constructoras por lo que el costo o valor del montaje será según el análisis de pago que determina el catálogo de precios unitarios que nos indica precio por tonelada y este precio para 1985 es de \$110,000.00 que incluye la mano de obra del montaje, armado, soldado y pruebas; además de la maquinaria y del equipo oxiacetileno.

Así el costo total de montaje del tanque será:

- a). Costo de montaje del fondo.
- b). Costo de montaje del casco o cuerpo y ángulo de coronamiento.
- c). Costo de montaje de la cúpula, Boyas y pontones.
- d). Costo de montaje de anillos de refuerzo perimetrales.
- e). Costo de montaje de accesorios.

a). Costo de montaje de fondo.

P L A C A S							
MCA	CANT	DESCRIPCION		PESO/PZA	PESO TOTAL	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
5	50	R. 1/4"	Esp.x8'-0"x29'-0"	1073 kg	53.650 Ton.	\$110,000	\$5'901,500
4	4	R. 1/4"	Esp.x8'-0"x23'-0"	851 kg	3.404 Ton.	110,000	374,440
3	125	R. 1/4"	Esp.x8'-0"x30'-0"	1110 kg	138.750 Ton.	110,000	15'262,500
2	36	R. 1/4"	Esp.x5'-0"x25'-0"	1156 kg	41.626 Ton.	110,000	4'577,760
1	70	R. 1/4"	Esp.x8'-0"x32'-0"	1184 kg	82.880 Ton.	110,000	9'116,800
					320.300 Tons.		\$ 35'233,000 =====

Precio unitario por tonelada de montaje = \$ 110,000.00

Peso total del fondo = 320.300 Tons.

Costo total de montaje del fondo = Peso total del fondo (ton) x precio unitario de montaje.

Costo total de montaje del fondo = 320.300 x \$110,000 = \$ 35'233,000.00  
=====

b). Costo de montaje del casco o cuerpo y ángulo de coronamiento.

P L A C A S						
MCA	CANT	DESCRIPCION	PESO/PZA	PESO TOTAL	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
7	1	4 3/8" Esp.x3"x3"curvado	2,875 kg	2.875 Ton.	\$110,000	\$ 316,250
6A	1	2 3/8" Esp.x8'-0"x11'-0"	605 kg	0.605 Ton.	110,000	66,550
6	29	2 3/8" Esp.x8'-0"x30'-0"	1,654 kg	47.966 Ton.	110,000	5'276,260
5A	1	2 9/16"Esp.x8'-0"x11'-0"	1,908 kg	1.908 Ton.	110,000	209,880
5	29	2 9/16"Esp.x8'-0"x30'-0"	2,481 kg	71.949 Ton.	110,000	7'914,390
4A	1	2 13/16" Esp.x8'-0"x11'-0"	1,311 kg	1.311 Ton.	110,000	144,210
4	29	2 13/16" Esp.x8'-0"x30'-0"	3,584 kg	103.936 Ton.	110,000	11'432,960
3A	1	2 1" Esp.x8'-0"x22'-0"	3,233 kg	3.233 Ton.	110,000	355,630
3	43	2 1" Esp.x8'-0"x20'-0"	2,938 kg	126.334 Ton.	110,000	13'896,740
2A	1	2 1 3/8" Esp.x8'-0"x22'-0"	4,445 kg	4.445 Ton.	110,000	488,950
2	43	2 1 3/8" Esp.x8'-0"x20'-0"	4,440 kg	173.720 Ton.	110,000	19'109,200
1B	1	2 1 1/2" Esp.x8'-0"x11'-0"	2,420 kg	2.420 Ton.	110,000	266,200
1A	1	2 1 1/2" Esp.x8'-0"x11'-0"	2,420 kg	2.420 Ton.	110,000	266,200
1	43	2 1 1/2" Esp.x8'-0"x20'-0"	4,407 kg	189.501 Ton.	110,000	20'845,110
				732.623 Ton.		\$ 80'588,530
				=====		=====

Precio unitario por tonelada de montaje = \$ 110,000.00

Precio total del casco ó cuerpo y ángulo de coronamiento = 732.623 Tons.

Costo total de montaje del cuerpo y ángulo de coronamiento = Peso total (Ton.)xPrecio unitario de .

Costo total de montaje y ángulo de coronamiento = 732.623 x 110,000 = \$ 80'588,530.00 (montaje.)

c). Costo de montaje de cúpula, boyas y pontones..

P L A C A S							
MCA	CANT	DESCRIPCION		PESO/PZA	PESO TOTAL	PESO UNITARIO	PRECIO TOTAL
P011A	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	\$ 110,000	\$ 244,200
P016	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x16"	416 kg	0.832 Ton.	110,000	91,520
P023	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x15'	416 kg	0.832 Ton.	110,000	91,520
P022	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x15'	416 kg	1.664 Ton.	110,000	183,040
p021	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x15'	416 kg	1.664 Ton.	110,000	183,040
P020	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x15'	416 kg	1.664 Ton.	110,000	183,040
P05	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x15'	416 kg	1.664 Ton.	110,000	183,040
P019							
P017	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	1.110 Ton.	110,000	122,100
P013	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	1.110 Ton.	110,000	122,100
P014	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	1.110 Ton.	110,000	122,100
P013	2	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	1.110 Ton.	110,000	122,100
P010	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	110,000	244,200
P09							
P016	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	110,000	244,200
P08	1	ϯ 3/16"	Esp.x8'x21'	555 kg	0.555 Ton.	110,000	61,050
P07	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	110,000	244,200
P06							
P012	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	110,000	244,200
P04							
P011	4	ϯ 3/16"	Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	110,000	244,200

P L A C A S

MCA	CANT	D E S C R I P C I O N	PESO/PZA	PESO TOTAL	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL
P02	4	R. 3/16" Esp.x8'x20'	555 kg	2.220 Ton.	\$ 110,000	\$ 244,200
P01						
P03	2	R. 3/16" Esp.x8'x20'	555 kg	1.110 Ton.	110,000	122,100
1	323	R. 3/16" Esp.x8'x20'	555 kg	179.265 Ton.	110,000	19'719,150
				209.230 Ton.		23'015,300
				=====		=====

Precio unitario \$ 110,000.00

Peso total de la cúpula = 209.230 Ton. + 30% de este tonelaje por montaje de bogas y pontones.

Será entonces = 209.230 Tons. + 62.769 Tons. = 271.999 Tons.

Costo total de montaje de la cupula, boyas y pontones = Peso total (tons.) x precio unitario.

Costo total de montaje de la cupula, boyas y pontones = 271.999 Tons. x \$110,000.00 = \$29'919,890.00  
 =====

d). Costo de montaje de anillos de refuerzo perimetrales.

P L A C A S						
MCA	CANT	DESCRIPCION	PESO/PZA.	PESO TOTAL	PRECIO UN.	PRECIO TOTAL
1	1	R. 1/2" Esp.x2.762 Mts.x8.960 Mts.	2.456 Ton.	2.456 Ton.	\$110,000	\$ 270,160
2	30	R. 1/2" Esp.x1.641 Mts.x8.960 Mts.	1.464 Ton.	43.929 Ton.	110,000	4'832,190
3	30	R. 1/2" Esp.x0.310 Mts.x8.960 Mts.	0.544 Ton.	16.330 Ton.	110,000	1'796,300
4	1	R. 1" Esp.x .310 Mts.x11.556 Mts.	0.624 Ton.	0.624 Ton.	110,000	68,640
5	1	R. 1" Esp.x0.140Mts. x 2.562 Mts.	0.071 Ton.	0.071 Ton.	110,000	7,810
6	1	R. 1 1/4"Esp.x0.095 Mts,x8.700 Mts.	0.206 Ton.	0.206 Ton.	110,000	22,660
7	1	R. 1" Esp.x0.305 Mts.x5. Mts.	0.183 Ton.	0.183 Ton.	110,000	20,130
8	1	R. 1" Esp. x0.146Mts.x 0.790 Mts.	0.022 Ton.	0.022 Ton.	110,000	2,420
9	29	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x1.5 Mts.	0.012 Ton.	0.345 Ton.	110,000	37,950
10	29	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x1.64 Mts.	0.0122Ton.	0.354 Ton.	110,000	38,940
11	58	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x2.103 Mts.	0.0168Ton.	0.976 Ton.	110,000	107,360
12	30	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x1.349 Mts.	0.010 Ton.	0.301 Ton.	110,000	33,100
14	30	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x1.374 Mts.	0.0102Ton.	0.307 Ton.	110,000	33,770
16	60	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x1.848 Mts.	0.014 Ton.	0.840 Ton.	110,000	92,400
21	2	Canal 4" Lf. x 1.650 Lg.	0.0135Ton.	0.027 Ton.	110,000	2,970
22	4	Ang. 21/2"x21/2"x5/16"x2.170 Mts.	0.0168Ton.	0.067 Ton.	110,000	7,370
24	1	R. 1" Esp. x146 x 1.747	0.049 Ton.	0.049 Ton.	110,000	5,390
				67.087 Ton.		\$7'379,570
				*****		*****



Precio unitario por tonelada de montaje = \$ 110,000.00

Peso total de un anillo de refuerzo perimetral = 67.087 Tons.

Pero como este tipo de tanques requiere 2 anillos de refuerzo entonces el peso total

=  $67.087 \times 2 = 134.174$  Tons.

Costo total de montaje de anillos de refuerzo perimetral = peso total(ton) x precio unitario de montaje.

Costo total de montaje de anillos de refuerzo perimetral =  $134.174 \times 110,000 = \$ 14'759,140$   
=====

e). Costo de montaje de accesorios.

Los accesorios con los que cuenta este tipo de tanques son los siguientes:

- a). Boquillas (alimentación, descarga, entrada hombre, puerta de limpieza).
- b). Agitadores.
- c). Anillos de enfriamiento.
- d). Escaleras de acceso (helicoidal, rodante).
- e). Regleta de nivel.
- f). Arreglos de tubería para drenaje con juntas giratorias.
- g). Postes para asentar cúpula.

El costo de montaje de estos accesorios será aproximadamente el 15% de la suma del costo de:

Costo montaje fondo=	35'233,000
Costo de montaje de cuerpo y ángulo de coronamiento.	80'588,530
Costo de montaje de cúpula, bogas y pontones	29'919,890
Costo de montaje de anillos de refuerzo perimetrales.	14'759,140

\$ 160'500,560  
=====

Por lo que, el costo de montaje de accesorios será = \$ 24'075,084  
lo que, corresponde a un montaje de 219 toneladas.

Entonces el costo total de erección del tanque será=\$ 160'500,560  
+ 24'075,084  
\$ 184'575,644

Costo total de erección = \$ 184'575,644

## C A P I T U L O X

ANALISIS DE RIESGOS DE INCENDIO EN TANQUES DE CUPULA  
FLOTANTE PARA ALMACENAMIENTO DE PETROLEO CRUDO.

. **Análisis de riesgos de incendio en tanques de cúpula flotante para almacenamiento de petróleo crudo.**

Los incendios en tanques para almacenamiento de petróleo crudo presentan riesgos, muy complejos dado el comportamiento que presenta el crudo bajo condiciones de incendio. El desconocimiento de estos riesgos potenciales, ponen en peligro al personal que combate estos incendios, así como a las instalaciones, circundantes, reflejándose en pérdidas catastróficas tanto en el elemento humano como material.

Es por eso que en este capítulo se darán a conocer algunas tácticas a seguir, a fin de auxiliar en la toma de decisiones sobre este tipo de emergencias, para formar base en el control y ataque de incendios que llegarán a presentarse en instalaciones dentro de la industria Petrolera.

Un planeamiento previo al incendio, conjuntamente con un entrenamiento apropiado a intervalos, son esenciales para combatir con eficiencia incendios en y alrededor de tanques del almacenamiento de crudo.

El tipo de organización de la protección contra incendio será variable, dependiendo de la naturaleza de la planta o instalación. su tamaño y complejidad es por esto que, en esta refinería por ser una instalación enorme se tiene un Jefe de contra incendio y bomberos de tiempo completo, quienes supervisan a las cuadrillas o brigadas. Estos bomberos a tiempo completo, normalmente desempeñan labores de inspección del equipo contra incendio, su mantenimiento, entrenamiento del personal, además del combate de incendios. Puede hacer las supervisiones de prevención contra incendios pruebas de gas y autorización de los permisos de trabajos con flama abierta.

Debido a que los tanques están conectados a equipo de operación compleja ciertas decisiones durante el combate de incendio involucran movimientos de operación. Por lo cual el Supervisor o Jefe del combate de un incendio en tanques de almacenamiento de crudo necesitará apoyo de la rama operativa. Además el Jefe de contraincendio deberá coordinarse en caso necesario con los servicios públicos de bomberos y policía.

Entre los requisitos más importantes que se exigen para la seguridad en sistemas de almacenamiento de petróleo crudo en este tipo de tanques se encuentran los siguientes:

- Diques de contención.
- Sistemas de drenaje.
- Sistema de "Tierras".
- Protección contra-incendio.

#### DIQUES DE CONTENCION.

Se refiere a la conveniencia de circundar con un muro de tierra o concreto que sea capaz de contener la capacidad del tanque más grande del grupo (en caso de ser varios tanques) más un porcentaje en volumen (10%) para garantizar que en caso de rotura de un recipiente el producto almacenado quede confinado en una zona bajo control desde lo cual sea posible manejarlo para trasegarlo o bien para enviarlo a través del drenaje a los sistemas de recuperación.

Estos muros prestan un gran servicio en caso de incendio ya que limitan la zona de riesgo, cuando hay otro grupo de tanques en las cercanías.

Sirven también como puntos de apoyo a los equipos a base de mangueras de agua con el fin de mantener las paredes del tanque con el enfriamiento adecuado impidiendo la posibilidad de un colapso del recipiente por falla de las láminas o de las soldaduras.

La distancia de cualquier tanque a su dique de contención será como mínimo igual a la altura del tanque. Y la mínima distancia de tanque a tanque será un tercio de la suma de sus diámetros.

Los diques o muros de los tanques contarán con rampas de acceso para equipo de contra-incendio, además de los accesos anteriores, se dispondrán vías de escape que consistirán en escaleras situadas a cada 50 metros como máximo una de otra o de la rampa más cercana. Todo tanque de almacenamiento deberá de tener cuando menos una calle pavimentada de acceso al exterior de su muro de contención y en el caso de 500,000 Bls., se tendrá este acceso por los cuatro costados.

Alrededor de cada muro de contención deberán colocarse hidrantes a cada 50 metros., además de los hidrantes que den cerca de las tomas para inyección de espuma, todo los cuales deberán estar dotados de toma para camión contra incendio. El número de tomas para camión que den servicio a cada tanque. deberá estar de acuerdo al gasto total de agua que se manejará.

## SISTEMAS DE DRENAJE.

Normalmente deben instalarse dos tipos de redes de drenaje; la primera de ellas con el fin de recuperar el producto que por alguna razón se derramara o se drenara al piso se le llama drenaje industrial y constituye por si mismo una red de gran importancia no solo para recuperar el hidrocarburo sino para evitar contaminaciones; la otra red no menos importante es la llamada pluvial que tiene por objeto principal recolectar agua de lluvia y conducirla a los colectores mayores. Este tipo de drenaje se dimensionará de acuerdo a la precipitación máxima anual.

Ambas redes deben tener válvulas a la salida de los diques y estas serán operables desde el nivel del piso con objeto de regular su salida de tal manera que no causen inundaciones en las fosas de recuperación de hidrocarburos.

#### SISTEMA DE TIERRAS:

A pesar de tratarse de instalaciones obligatorias que deben estar terminadas antes de la puesta en servicio de un tanque sea cual fuere su tipo y que su diseño también se encuentra perfectamente definido y normalizado, aún se encuentran recipientes que carecen de ella por que no les a dado el valor de la función que desempeñan y que básicamente consiste en drenar la corriente estática generada ya sea por el movimiento del producto almacenado en el movimiento del llenado o bien por las numerosas condiciones atmosféricas y en su caso por trabajos de soldadura eléctrica realizados en las tuberías del propio recipiente o de los que integran un grupo o área de tanques.

#### PROTECCION CONTRA-INCENDIO:

La protección contra-incendio es una combinación de:

PREVENCION  
CONTROL                      de incendios  
EXTINCION

La prevención de incendios es la información sobre las causas de los incendios, tendiente a evitarlos más adecuadamente.

El control de incendios son las labores tendientes a minimizar la propagación y los daños de un incendio.

La extinción de incendios son las labores tendientes a combatir los incendios rápida, hábil y efectivamente.

### AGENTES EXTINTIVOS

#### Agua:

El agua es el agente universalmente usado para extinguir incendios. Tiene la propiedad de absorber más calor que cualquier otra sustancia común. Con ella se reduce o evitan daños por exceso de calentamiento, también es el ingrediente principal para producir espuma de combate de incendio, que a su vez es el agente más comúnmente usado en la extinción de incendios clase "B". Para el combate de algunos incendios en tanques de almacenamiento de crudo, se han reportado gastos de agua hasta 190,000 lts/min.

El agua puede usarse eficientemente para controlar, más no para extinguir incendios en líquidos inflamables, sin embargo un líquido combustible ardiendo, se extinguirá si se enfría a menos de su temperatura de inflamación.

Cuando hablamos de incendios en líquidos inflamables y combustibles, la idea que acompaña a este hecho es el uso de agua en forma de neblina y el uso de la espuma de combate de incendio, sin embargo cuando los incendios son de grandes proporciones como lo es en los tanques de almacenamiento de crudo exigen el uso de grandes torrentes de agua para disminuir el indeseable calor excesivo como clave para combatir el incendio.

Los chorros tipo diluvio, lanzados desde monitores portátiles y de líneas manuales bien colocados deberán hasta donde sea posible fijarse permanentemente para que continúen operando estos chorros en el caso de la necesidad de retirada rápida



del personal de estas áreas.

#### ESPUMAS:

Las espumas de combate de incendio hacen una capa compacta para cubrir la superficie del líquido inflamable ardiendo, aislando el combustible del aire atmosférico, extinguiendo así el fuego.

Para lograr la extinción de incendios en tanques es necesario la aplicación continua de espuma en cantidad suficiente para superar las pérdidas ocasionadas al quemarse por la flama y a la que vuela por el viento.

La propagación del fuego puede evitarse mediante la aplicación de una cubierta de espuma sobre los derrames de petróleo crudo. Además la mayoría de las espumas pueden brindar una protección aislante contra el calor radiante del equipo expuesto al calor, adhiriéndose a las superficies verticales.

#### TIPOS DE ESPUMAS PROTEICAS

Espumas protéicas 3% y 6%.

Espumas fluoroprotéicas 3% y 6%.

Espumas de tipo especial (para alcohol), 6%.

No deberán mezclarse líquidos concentrados espumantes de diferentes tipos o marcas a menos que se haya comprobado que son completamente intercambiables.

Los concentrados espumantes fluoroprotéicas son similares a los protéicos pero tienen un aditivo sintético fluorinado.

Estas espumas forman una cubierta exclusiva del aire y también pueden formar una película superficial para evitar la evaporación en la superficie del combustible líquido.

Estos ripsos de espumas tienen mejor resistencia a la contaminación por el combustible líquido cuando se sumerge, siendo posible por esto aplicarla en forma más burda.

Sus características la hacen adecuada para la inyección sub-superficial en tanques, o lanzada desde monitores o mangueras hacia dentro del tanque.

Espuma formadora de película superficial, esta actúa como una barrera excluyente de aire, además desarrolla una película acuosa sobre la superficie del combustible líquido capaz de contener la evolución de vapores.

Esta espuma es compatible con el polvo químico seco. Los concentrados espumantes proteínicos y fluoroproteínicos son incompatibles.

La espuma formadora de película superficial es adecuada para poner rápidamente "fuera de combate" incendios en derrames. También es adecuada para usarse con el método de inyección sub-superficial, en conjugación a la acción de enfriamiento del tanque con líneas de agua.

Las espumas químicas son compatibles con los polvos químicos secos. Pero al compararlas con las espumas mecánicas, quedan en desventaja en lo referente a su facilidad de manejo instalación y mantenimiento del equipo, se pueden considerar obsoletas.

#### POLVOS QUIMICOS SECOS:

A los polvos químicos secos se les reconoce su extraordinaria eficiencia en extinción de incendios en líquidos inflamables y gases son efectivos para extinguir incendios en pequeños derrames de líquidos combustibles chorreantes. Existiendo el peligro de reignición por pequeñas flamas o super-

ficies calientes, estas fuentes de ignición deberán apagarse o enfriarse con aplicación de agua, o cerrando el flujo de combustible antes de intentar la extinción.

Bicarbonato de sodio.- Es el más barato; no es compatible con las espumas debido al inhibidor de esterato de zinc, que es un agente antiespumante. Este polvo no deberá usarse simultáneamente, ni antes ni después del uso de una espuma de combate de incendio.

Bicarbota de sodio tratado con un polímero de silicio lo hace compatible con la espuma.

Bicarbonato de potasio (purpura K) tiene el doble de efectividad de extinción comparado con el bicarbonato de sodio. Puede ser compatible con la espuma dependiendo del fabricante.

Cloruro de potasio (polvo químico seco super K), es adecuado para usarse sobre los mismos combustibles de los bicarbonatos potásicos y sódicos

Oxalato de potasio (Monnex) se hacen mediante una reacción química entre la urea y una sal. Este agente se dice es superior a otros polvos químicos secos y compatible con la espuma.

Cualquier situación de incendio exige como primer acción táctica a "La estimación inicial de la situación", la cual deberá ser hecha mental y rápidamente por el supervisor, responsable al momento de la alarma. Para determinar la mejor estrategia y tácticas necesarias para combatir el incendio.

" Esta estimación inicial de la situación del incendio " debe  
rá incluir:

- a). El rescate de lesionados, si los hay.
- b). Estado de las válvulas del tanque y del muro de contención.
- c). Características del contenido del tanque.
- d). Localizaciones del fuego, dentro del tanque, en el piso o en ambos puntos.
- e). Condición del tanque, envolvente y techo, si pudiera determinarse pronto.
- f). La inmediata necesidad de aplicar agua de enfriamiento so  
bre el metal expuesto a las flamas.

#### TACTICAS APLICABLES A ESTE TIPO DE TANQUES

El equipo y áreas de tanques particularmente vulnerables al daño rápido por el contacto directo de la flama son:

- a). Soportes desprotegidos.
- b). El área del envolvente expuesta, arriba del nivel del li  
quido contenido por el tanque.
- c). Ventiladas, válvulas de presión y vacío, equipo de medición, mezcladores y otros aditamentos.
- d). Cámaras de espuma, líneas de espuma y otras tuberías que no tengan líquidos fluyendo a través de ellos.

Para reducir el calor de entrada al tanque deberá aplicar se  
se chorros de agua para enfriamiento a la parte superior de se  
el envolvente de manera que el agua escurra a los lados del -

tanque, evitando el exceso de introducción de agua al interior de la cúpula, deberá mantenerse el agua cayendo sobre los accesorios, soportes y cualquier parte del envolvente del tanque arriba del nivel del líquido ardiendo.

El ataque inicial de incendio deberá hacerse con el alcance máximo del chorro de las mangueras y preferiblemente bajo protección de chorros en forma de niebla amplia.

El combate de incendio y la aplicación del agua para enfriamiento si es posible, deberán hacerse a favor del viento. Una vez colocados los chorros de agua sobre el envolvente del tanque expuesto a las flamas, puede continuarse la labor de control y extinción.

Cuando haya incendios simultaneos en tanques atmosféricos de este tipo, la espuma de combate de incendios deberá aplicarse únicamente al número de tanques que puedan ser atacados con las cantidades de espuma existentes cuando menos, esto disminuirá las probabilidades de fracasar en la extinción de cualquiera de los tanques debido a la insuficiente cantidad de aplicación o al agotamiento de la reserva de espuma. Estos factores deberán considerarse en la planeación previa al incendio.

#### PROTECCION A LOS TANQUES ADYACENTES:

Con frecuencia es necesario el enfriamiento de los tanques adyacentes, a menos que haya contacto directo de la flama o suficiente calor radiante para chamuscar la pintura.

Cuando los tanques requieran enfriamiento, los chorros de agua deberán moverse como abanico sobre las paredes y techos.

No obstante que el calor radiado no dañe seriamente el envolvente del tanque debe mantenerse en mente que una de las razones por la cual es necesario enfriar los tanques adyacentes es:

El calor de los envoltentes de los tanques que contienen producto almacenado con bajo punto de inflamación puede causar que la presión del tanque se eleve y expulse vapores inflamables los cuales pueden encenderse o causar una rotura en el tanque.

#### COMBATE DE INCENDIOS EN EL SUELO, ALREDEDOR DE LOS TANQUES.

Tan pronto como sea posible aplique agua de enfriamiento a todos los metales expuestos a las flamas.

Los incendios de petróleo en el suelo pueden ser extinguidos con polvo químico seco, neblina de agua o espuma. En algunos casos el combustible líquido puede empujarse con el chorro de agua hacia una localización segura donde la extinción o control del fuego sean más fáciles y para reducir el contacto de la flama con el metal.

Como regla general, los incendios en el suelo alrededor de los tanques deben ser controlados o extinguidos antes de intentar extinguir el fuego del tanque.

## CONCLUSIONES:

Con este trabajo se pretende eliminar en gran parte las fallas que comúnmente aparecen en trabajos de este tipo, ya que con una buena supervisión tanto en materiales, métodos de montaje y pruebas; además de la selección adecuada de los métodos de soldadura aplicables así como los tratamientos térmicos que se requieran se podrá entonces recepcionarse la obra en buenos términos.

También la calidad del tanque terminado es un aspecto de primordial importancia, ya que de acuerdo a esta se trazarán los seguimientos y programas para inspección y mantenimiento.

Se pretende que la calidad del tanque sea de primera, con esto se evitarán inspecciones y reparaciones prematuras lográndose períodos largos de operación del tanque.

La seguridad es otro de los puntos fundamentales para cualquier equipo, es por eso que se dan a conocer en este trabajo los requisitos y recomendaciones esenciales de protección con los cuales contará el tanque proporcionando así cierto margen de seguridad.

Cuando los trabajos se hacen sin un programa y supervisión ocasionan pérdidas tanto en tiempo como en movimiento.

Por todo lo anterior, se podrá visualizar el papel tan importante que desempeña el ingeniero en funciones de supervisión.

## B I B L I O G R A F I A

1. A.P.I. Instituto Americano del Petróleo.  
(American Petroleum Institute).  
Std 650 "Tanques de Acero Soldados para Almacenamiento de Petróleo".
2. A.W.S. Sociedad Americana de Soldadura.  
(American Welding Society)  
Manual de Soldadura.
3. Bases de la Soldadura Eléctrica.  
Hurt H. Nadler.
4. A.S.T.M. Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.  
(American Society for Testing and Materials).
5. Normas de Petróleos Mexicanos.  
5R-B5000 Procedimiento para Soldar Materiales de Acero al Carbono.  
2.214.01 Cimentación de Tanques.  
2.132.01 Sistema de Protección Anticorrosiva a Base de Recubrimientos.
6. N.F.P.A. Asociación Nacional de Protección contra Incendios.  
(National Fire Protection Association).
7. I.M.P. Instituto Mexicano del Petróleo.  
Seminario sobre Seguridad Industrial e Inspección Técnica en la Industria Petrolera.
8. I.M.P. Instituto Mexicano del Petróleo.  
Principios Metalúrgicos de la Soldadura.
9. A.S.M.E. Sección V - NON - Destructive Testing.
10. A.S.M.E. Sección IX - Welding Qualifications.