

76

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

" SUPERVISION Y CONTROL DE SISTEMAS DE
PROTECCION CONTRA EL INTEMPERISMO EN
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PEMEX "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A :
EDGAR LIZCANO AGUILERA

DIRECTOR DE TESIS :
M.I. ANA AURORA ABURTO GUERRA

295070

MEXICO, D.F.

2001





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/011/01

Señor
EDGAR LIZCANO AGUILERA
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. ANA AURORA ABURTO GUERRA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL

"SUPERVISION Y CONTROL DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN CONTRA EL
INTEMPERISMO EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PEMEX"

- INTRODUCCIÓN
- I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS
 - II. ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO
 - III. SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y NORMATIVIDAD
 - IV. IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN
 - V. SUPERVISIÓN Y CONTROL
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
ANEXOS
BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA/HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 27 de febrero de 2001
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg

AGRADEZCO A DIOS
POR HABERME DADO LA VIDA
Y ESTE LOGRO MARAVILLOSO

DOY GRACIAS A MIS PADRES JESUS Y AVELINA
POR DARME LA OPORTUNIDAD DE HABER LOGRADO ESTE
TRIUNFO Y POR SU APOYO INCONDICIONAL
YA QUE ES PARA ELLOS.

GRACIAS A MIS HERMANOS:
PATRICIA, JESUS, GENARO,
LUIS Y VERONICA
POR TODAS SUS ENSEÑANZAS.
A MIS SOBRINOS.

A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS
DARIO, JESUS Y MACLOVIA
A MI ABUELA ELVIRA POR TODAS
SUS ORACIONES Y BENDICIONES.
A MI ABUELA JOVITA.

A MI NOVIA CLAUDIA VIANNEY
POR TODO EL APOYO QUE ME DIO
INCONDICIONALMENTE EN LOS MOMENTOS
MAS DIFICILES, POR SU CARIÑO Y AMOR.
A NUESTROS HIJOS QUE TENDRE EL HONOR
DE CONOCER ALGÚN DÍA

CON CARIÑO Y ADMIRACION
LA FAMILIA OCHOA ALANÍS,
ESPECIALMENTE A LOS
SRES. FILIBERTO Y SOFIA.

UN ESPECIAL AGRADECIMIENTO A MIS
AMIGOS: JORGE, HORACIO, GUSTAVO, DANIEL, CARLOS,
NAPOLEON, EDGAR MUÑOZ Y PACO
POR TODOS ESOS MOMENTOS QUE COMPARTIMOS.

AGRADEZCO ESPECIALMENTE E INFINITAMENTE,
POR HABERME BRINDADO
SUS CONOCIMIENTOS Y TIEMPO A LA
M. I. ANA AURORA ABURTO GUERRA,
POR SU EXCELENTE DIRECCION DE ESTE
TRABAJO DE INVESTIGACION.

A TODOS LOS INGENIEROS
DE PEMEX QUE ME DIERON
SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA,
ESPECIALMENTE
A LOS ING. JESUS LIZCANO AGUILERA
ING. GENARO A. LIZCANO AGUILERA.

A LOS INGENIEROS DEL L. A. P. E. M. DE C.F. E.
ING. JESUS M. GUERRAU PALAFOX,
ING. XICOTENCALT ZEPEDA,
ING. EDUARDO GARCIA RAMIREZ.
POR SU VALIOSA COLABORACION

A TODOS LOS PROFESORES DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA.

A LA UNIVERSIDAD, PERO EN ESPECIAL
A LA FACULTAD DE INGENIERIA
QUE ME BRINDO
UNA EXCELENTE FORMACION.

INDICE.

INTRODUCCION	
I ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	1
II ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO	4
TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO	4
DISEÑO DE LA CIMENTACION	10
DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE	34
METQDO CONSTRUCTIVO	45
III SISTEMAS DE PROTECCION Y NORMATIVIDAD.	49
MATERIALES PRIMARIOS	49
MATERIALES ESPECIALES	54
ACABADOS	58
METODOS	62
IMPACTO AMBIENTAL	74
IV IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN	80
PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE	80
APLICACION	87
PRINCIPIOS DE APLICACIÓN.	95
V SUPERVISIÓN Y CONTROL.	101
RUTA CRITICA.....	101
INSPECCIÓN	102
SEGURIDAD.	105
CRITERIOS DE MEDICIÓN	111
MUESTREO.	112
FALLAS DE RECUBRIMIENTOS	113
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
ANEXOS.	
BIBLIOGRAFIA	

INTRODUCCION

En algunos materiales de construcción tales como acero al carbon, fierro fundido, acero inoxidable, aluminio, madera, concreto, etc. , estos se va desintegrando a través de los procesos normales de descomposición, los cuales comprenden cambios ocasionados por el medio ambiente que los rodea, y estos pueden ser. la disolución química, la oxidación, la cristalización y toda reacción desarrollada por cualquier par galvánico formado por los metales y los cambios ambientales, estos son los medios por los que dichos materiales regresan a su estado original, los óxidos, minerales o bien, carbón elemental.

Es conveniente hacer notar que todos los materiales estructurales presentan una fuerte tendencia a regresar a su estado natural. Esto se debe a la enorme cantidad de energía usada para transformarlos desde su estado original a otro que se facilite para su uso. Este suministro de energía sea inducido por el hombre o por el resultado de la ionización solar, permanece latente en el medio ambiente y actúa en cada oportunidad ya que este tiende a regresar a su estado de equilibrio dentro de la naturaleza.

Dentro de la construcción de estructuras, estas se ven afectadas por este fenómeno, de oxidación o de intercambio de electrones, conocido como corrosión.

Desde el ejecutivo, hasta el ingeniero o supervisor de mantenimiento civil, tienen que solucionar los problemas de corrosión, y, cada uno, dentro de su jurisdicción, trata de evitar que los materiales, bajo su control, regresen a su estado original que es un estado inservible para la obra civil.

El método de control más importante y de mayor uso común para proteger con efectividad las estructuras usadas en el campo de la Ingeniería Civil contra los cambios ambientales que provocan la corrosión, son los recubrimientos anticorrosivos.

Con relación al campo de las pinturas, los recubrimientos anticorrosivos constituyen una pequeña porción de la supervisión y control contra el intemperismo en tanques. No obstante, es una prioridad debido a que comprende productos diseñados para la protección de estructuras costosas como buquetanques, equipo de transporte, estructuras y equipos de perforación y producción petrolera localizados en tierra y mar adentro, refinerías, plantas de tratamiento de aguas dulces y residuales, etc. La importancia y el valor de dichas estructuras y equipos exceden a los costos tanto de los recubrimientos como aquellos erogados por la aplicación de los mismos.

La industria dedicada a la fabricación de anticorrosivos ha desarrollado una gran tecnología a través del tiempo, creando anticorrosivos de varios tipos que se utilizan en la industria de la construcción como en la automotriz, en el control de la corrosión en tanques de almacenamiento, tuberías de conducción, etc.

Así mismo, se han tenido que desarrollar otros tipos de anticorrosivos que son aplicados en la industria siderúrgica, en calentadores de las plantas petroquímicas y de proceso en diferentes refineras y en todos aquellos complejos que tienen la necesidad de utilizar los anticorrosivos para una mejor protección de sus equipos.

De esta manera, el Ingeniero Civil dedicado a la construcción de estructuras y mantenimiento de las mismas, se ha visto en la necesidad de conocer el funcionamiento, la aplicación y propiedades de los anticorrosivos especiales, fabricados con la intención de soportar ambientes muy agresivos de trabajo, como altas temperaturas, ambientes marinos, productos del petróleo (tanques), etc.; así mismo, creando una metodología, en donde se detalle con precisión la supervisión y el control de la corrosión, para el óptimo manejo de los anticorrosivos que se emplean en tanques de almacenamiento.

Por otra parte es de gran importancia conocer la aplicación correcta, así como el material adecuado para cada ambiente de exposición.

Basándonos en la búsqueda de una mejor economía, dentro de la industria petrolera y una prolongada vida útil de las estructuras de almacenamiento, ha sido necesario desarrollar más tecnología para fabricar anticorrosivos, lo cual representa estudios especializados dentro de la profesión del Ingeniero Químico, que a su vez será de gran utilidad al Ingeniero Civil.

Así nos hemos visto en la necesidad de estudiar a fondo y conocer el funcionamiento, y composición química de los materiales anticorrosivos, las materias o materiales básicos de donde se obtienen; los procesos de fabricación; sus propiedades físicas con lo cual se tiene un concepto más general de lo que es un material anticorrosivo, considerando también los pasos a seguir para su aplicación, el tiempo de secado y el manejo de su almacenamiento, guiado por estos parámetros y recomendaciones de los diferentes fabricantes, es posible llegar a un buen manejo de los anticorrosivos en la construcción o en el trabajo de mantenimiento industrial.

Por lo cual el objetivo del presente trabajo es analizar el funcionamiento, la composición química, las materias primas, procesos de fabricación, propiedades físicas, tiempo de secado, etc. de los anticorrosivos para obtener diferentes parámetros y recomendaciones y lograr el óptimo manejo de los anticorrosivos en la construcción o en el trabajo de mantenimiento industrial.

CAPITULO I.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

CAPITULO I. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS.

I.1. ANTECEDENTES.

Supervisar y controlar tanques de almacenamiento de PEMEX, es una tarea complicada, ya que se debe de contar con los conocimientos suficientes de un fenómeno natural, el cual ocurre todos los días, y es tan común que ya no nos causa asombro. Este fenómeno es la corrosión, este no es un tema que se estudie en la Universidad, si no que se aprende conforme a la experiencia y con la información que se ha recopilado de la investigación, así como de la observación del comportamiento de la corrosión.

La corrosión, como ya se menciona es un fenómeno natural, y como sucede con muchos fenómenos naturales, hemos aprendido a convivir con ella y a veces, no registramos su presencia ni las medidas para combatirla, de hecho, es muy difícil imaginar ¿qué pasaría con ciertos equipos si no existiera la corrosión?, puesto que muchos factores de diseño afectan en mayor o menor grado de fabricación, de casi cualquier dispositivo. Por otro lado, casi todas las estructuras y equipos son fabricados con acero (hierro y aleaciones), material muy versátil, pero altamente susceptible a la corrosión.

A fines de 1987, en Petróleos Mexicanos se contaba con alrededor de seis refinерías, en las cuales existen mas de 600 plantas de producción entre todas, y más de 100, 000 tanques de almacenamiento en todo el país; alrededor de 185, 500 de Km de tuberías y gasoductos, mas de 500 pozos petroleros, cerca de 4 plataformas petroleras en altamar y todas estas instalaciones se encuentran sujetas a la acción de la corrosión.

Desde el punto de vista económico, entre el 0.58 y 4.2 % del producto interno bruto (PIB) de un país, se pierde o se gasta por corrosión. La tabla siguiente muestra algunos costos de corrosión para países industrializados y/o que tienen estadísticas al respecto.

ANO	PAIS	COSTO DE LA CORROSION EN MILLONES DE DOLARES	% DEL PIB
1949	EUA	5500	
1960 - 61	INDIA	320	
1964	SUECIA	58 A 77	
1965	FINLANDIA	47 A 62	0.58 A 0.77
1968 - 69	REP. FED. ALEM.	6000	3
1969	URSS	6700	2
1969	GRAN BRETAÑA	3200	3.5
1973	AUSTRALIA	550	1.5 A 3.0
1974	URSS	18500	4.1
1975	EUA	70000	4.2
1976 - 77	JAPON	9200	1.8

Para México, el PIB en pesos corrientes fue de 9.4 billones en 1982; en 1987 fue de 183.2 billones; en dólares corrientes el PIB de 1982 fue de 164.700 millones y el de 1987 fue de 134.706 millones. Considerando el 3 % del PIB, en México se gasta anualmente por corrosión 4042 millones de dólares. Para PEMEX el costo de corrosión le cuesta anualmente cerca de 2500 millones de dólares; particularmente a la Refinería de Salamanca le cuesta alrededor de 250 millones de dólares anuales, cerca del 20 % de las utilidades anuales de la misma.

Por experiencia de PEMEX y de su personal, sabemos que el mantenimiento de recubrimientos anticorrosivos de un tanque de almacenamiento de gasolina costó en 1990, 2 millones de pesos; en 1998 se gastaron 6 millones de pesos por tanque en Minatitlán; en Salamanca se gastaron 14 millones de pesos por tanque; en el año 2000 se gastaron 20 millones de pesos por tanque, esto tan solo en una Refinería.

Es por esta causa que debemos de poner mayor énfasis en el estudio del comportamiento de la corrosión, ya que para el mantenimiento civil es de vital importancia conocerlo y entenderlo, ya que cada día nos cuesta más dinero poder mantener cualquier dispositivo libre de la corrosión.

¹ AMIC, Asociación Mexicana de Ingenieros en Corrosión. Junio 1990. Primer Curso de Aplicación de Recubrimientos

I.2. OBJETIVOS.

Se persiguen varios objetivos; en primer lugar es importante conocer los materiales y sistemas de protección contra la corrosión; por otro lado es de vital importancia concientizarse del impacto ambiental que los materiales y sistemas de protección ocasionan y las reacciones en el ser humano al tener contacto con estos.

La principal labor del Ingeniero Civil consiste en controlar la aplicación de los materiales y sistemas de protección anticorrosiva, además de analizar el funcionamiento, la composición química, las materias primas, procesos de fabricación, propiedades físicas, tiempo de secado, etc. de los anticorrosivos para obtener diferentes parámetros y recomendaciones y lograr el óptimo manejo de los anticorrosivos en la construcción o en el trabajo de mantenimiento industrial

Y por último, el objetivo principal del presente trabajo es la de crear un manual o una guía, de uso futuro para los Ingenieros Civiles, que se desarrollen dentro del área de la supervisión y el control contra el intemperismo en tanques, y en general, instalaciones petroleras, que les sirva de apoyo para el correcto desempeño de sus labores dentro del área de mantenimiento industrial en las estructuras civiles que requieran protección para evitar la corrosión, aprovechando la información existente, así como la experiencia obtenida en este campo

CAPITULO II.

TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.

DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.

DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE.

METODO CONSTRUCTIVO.

CAPITULO II. ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.

II.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO.

II.1.1. FUNCIONES DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.

Todos aunque de alguna manera sencilla hemos tenido la necesidad de guardar algún objeto, para ello conseguimos un recipiente o caja donde podamos contenerlo.

Todo nos parece ser sencillo hasta que nos encontramos con el caso de guardar algo que no es materia sólida como el caso de una sustancia líquida o gas. Por lo tanto decimos que es un problema, ya que el recipiente debe de tener ciertas características que nos permitan sacar u obtener lo que contiene, manteniendo una seguridad adecuada.

Así podremos encontrar los llamados tanques de almacenamiento con diversas formas y materiales de construcción.

La principal función, es la de proporcionar un suministro continuo de todos los productos que son derivados del petróleo en condiciones apropiadas de presión y temperatura a todas las plantas de producción de la refinería, aunque también ahí se almacena los productos ya transformados que producen las plantas de producción, así mismo también almacenan el combustoleo que necesita la termoeléctrica de C.F.E., además de proporcionar productos a otras industrias del corredor industrial y todo el Bajío, así también proporciona de productos como aceites, gasolina, gas natural o L. P. A todo el Bajío y parte del D.F.

Son por estas razones la importancia de tener este tipo de estructuras dentro del complejo petrolero.

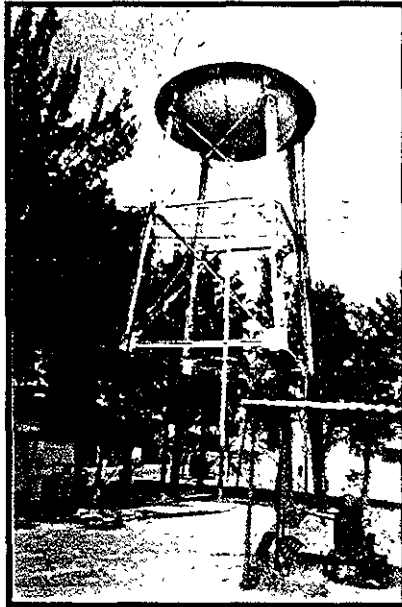
En este trabajo de investigación hablaremos de los tanques de almacenamiento por su importancia dentro del amplio complejo petrolero, principalmente del diseño, funcionamiento, partes que lo componen, aditamentos, así como la supervisión y control de los mismos ya que en este tipo de estructuras mayores son en las que mas se emplea el uso de panel anticorrosivo, pretendiendo tener un buen funcionamiento de estos.

Los tanques de almacenamiento están constituidos de lamina de acero al carbón. Es del tipo cilíndrico vertical con techo cónico, de tipo flotante o fijo, incluyen estos además, boquillas para llenado, descarga, drenajes, derrame, registros de hombre, recirculación de bombas de transferencia, registro de limpieza, venteo y la instrumentación necesarias, así como escaleras de acceso y barandales de

proteccion Esto con el objeto de dar protección contra el fuego a los tanques, estos estarán equipados con arrastradores de flamas

II.1.2. TANQUES ELEVADOS.

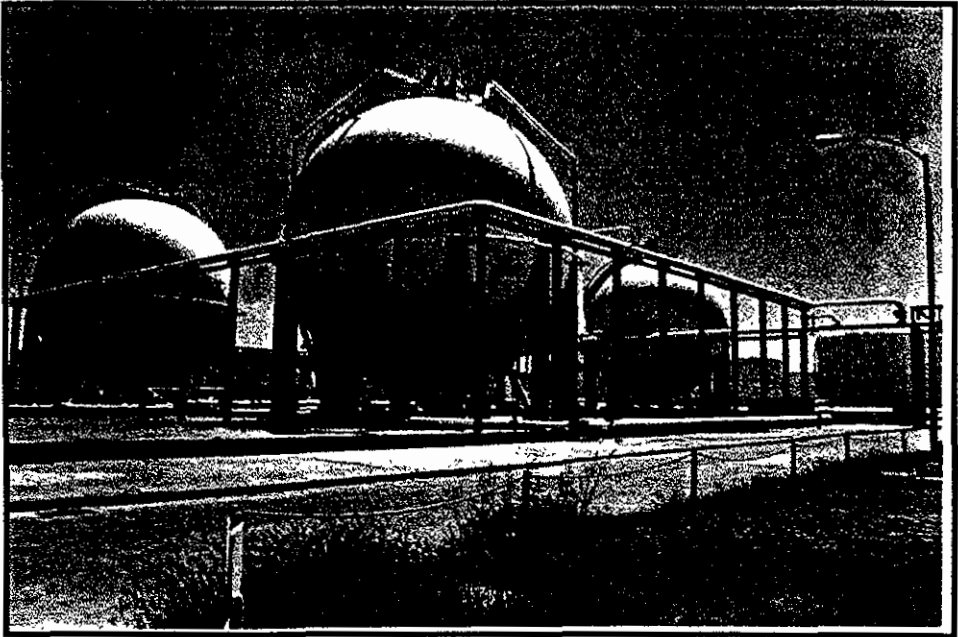
Tenemos el caso de los tanques elevados de acero como el que se muestra, que están destinados a almacenar agua principalmente y tienen la característica de ser elevados para aprovechar la energía cinética que adquiere el agua de acuerdo con la altura a la que se encuentra esta.



TANQUE ELEVADO, USADO PARA ALMACENAR AGUA POTABLE.

II.1.3. TANQUE ESFERICOS (ESFERAS).

También existen tanques con forma de esfera. Este tipo de tanque es fabricado con placas de acero, pero debido a su forma requiere de personal calificado y experimentado para su construcción. Debido a su forma esférica permite absorber mayores esfuerzos, es por ello que se emplean para almacenar sustancias en estado gaseoso con otra presión diferente a la atmosférica.

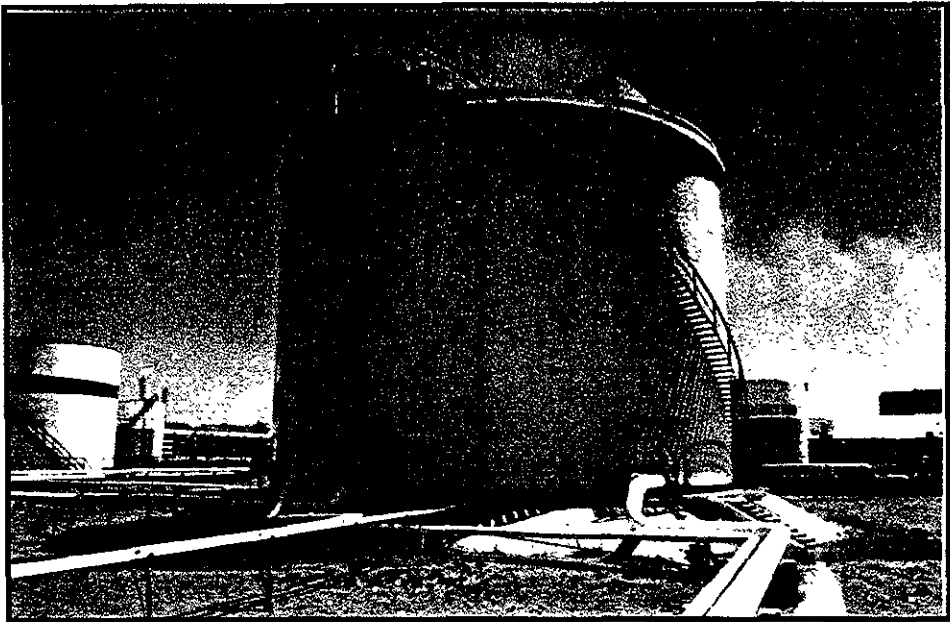


TANQUE ESFERICO, EMPLEADO PARA ALMACENAMIENTO DE GASES PRINCIPALMENTE.

II.1.4. TANQUES VERTICALES CILINDRICOS.

La forma vertical cilíndrica es la mas común pero los podemos encontrar en forma horizontal, de tamaño regular, que son usados para almacenar ácidos, existen los tanques cilíndricos de altura considerable en comparación de su base (silos), pero estos no son de utilidad en PEMEX, este tipo se acostumbra a usar para almacenar granos o en la industria cementera

En nuestro caso estudiaremos este tipo de tanques, pero de una altura considerable y un diámetro también considerable. En Petróleos Mexicanos tenemos tanques de diferentes tamaños, para almacenar diferentes tipos de productos, o también para almacenar una capacidad especial.



TANQUE VERTICAL, EMPLEADO PARA EL ALMACENAMIENTO DE DIFERENTES PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO.

La razón por la que se escogió este tipo de tanque es que, de los tipos de tanques descritos anteriormente, podemos observar que se utilizan para otra función, como es el caso de los tanques elevados con los que se pretende aprovechar la energía cinética que puede adquirir el líquido contenido, característica que en nuestro caso no es necesaria y que eleva demasiado el costo. De forma similar, los silos son inadecuados porque al almacenar líquidos, se presentan efectos de volteo.

Una vez que ha quedado establecido el tipo de tanque nos podemos enfocar, en características más específicas, ya que podemos encontrar una gran variedad de tamaños y formas de techo para un mismo tipo de tanque.

II.1.5. INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO (A. P. I).

Al igual que en nuestro país existe el Instituto Mexicano del Petróleo (I. M. P), en Estados Unidos de América, existen otras empresas de las que podemos destacar el Instituto americano del Petróleo (American Petroleum Institute).

Este instituto ha publicado manuales y especificaciones para la fabricación de tanques de almacenamiento, los cuales están basados en la experiencia acumulada de compradores y fabricantes de tanques de acero soldado para el almacenamiento de los derivados del petróleo de varios tamaños y capacidades con presiones menores de 2.5 libras cuadradas.

El objeto del manual API 650 es proporcionar las especificaciones para facilitar la construcción de tanques para la industria petrolera.

En México se puede adoptar dichas especificaciones como requisitos mínimos para la fabricación de tanques, sin embargo, las empresas que requieren de algún tanque de almacenamiento, necesitan ciertos aditamentos o modificaciones, que se pueden realizar en la construcción del tanque, siempre y cuando cumplan con los requisitos mínimos establecidos en el manual API.

En base a que empleara como norma mínima para el diseño de nuestros tanques de almacenamiento, además de utilizar normas de Pemex y CFE, que son las dos únicas empresas en México que se han especializado en este ramo y que su personal es altamente calificado, además de emplear otras normas que complementan nuestros cálculos.

II.1.6. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL TANQUE.

El propósito principal de calcular la capacidad del tanque es la de poder procesar el calculo estructural de este.

La capacidad de almacenamiento de los tanques, deberá ser como mínimo la necesaria para mantener en operación la planta a la que de suministro de algún tipo de producto a alguna de las plantas de producción de la misma refinería, o de otras industrias que compren productos refinados en Pemex.

De la oferta del quemador de crudo (aceite) al 100% de carga tenemos.

$$79.35 \text{ T/Hr}$$

Para un 80% se tiene:

$$64.02 \text{ T/Hr}$$

de igual forma se tiene para un 75%:

$$57.19 \text{ T/Hr}$$

Para proceder al calculo se considera el valor mas critico, este valor es el de 80% de capacidad: 64 T/Hr.

Se considerara el valor de peso especifico 0.90 kg/Dm^3 , (el cual es conservador):

$$\text{Cap. Min.} = 47' 770, 000 \text{ Dm}^3$$

$$\text{Cap. Min.} = 4770 \text{ m}^3 = 30, 000 \text{ BLS}$$

La capacidad puede ser mayor, dependiendo de la confiabilidad del suministro y con las tablas de capacidades estándar del API 650, por lo tanto consideraremos ya esta capacidad como determinada.

Tomando en consideración que la capacidad que rige es la de $1 \text{ BLS} = 159 \text{ L}$, esta capacidad es estándar mundialmente.

II.1.7. DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE.

Para el almacenamiento de cualquier producto derivado de un proceso de refinación se requieren tanque de una capacidad mínima de 3180 m^3 , que aproximadamente son 20000 BLS.

La tabla del API 650 (Anexo 1) ha sido calculada, basandose en un esfuerzo admisible de 21 000 libras por pulgada cuadrada, con un espesor de placa no mayor de 1/2", por lo que en los valores correspondientes a las capacidades, al final de cada columna aparece el mayor diámetro que se puede tener para dicha altura, sin embargo, considerando que el tanque tendrá placas con un espesor mayor a 1/2", se han calculado las capacidades del tanque.

Las capacidades del tanque se calculan con la siguiente expresión:

$$\text{Cap} = 0.14D^2H$$

Donde:

D, diámetro del tanque (pies)

H, altura del tanque (pies)

De la tabla del API 650 se obtiene que:

$$D = 73.33 \text{ pies} = 22.35 \text{ m}$$

$$H = 42 \text{ pies} = 14 \text{ m}$$

En la columna 1, en el renglón correspondiente a 28, 800 BLS, se lee que el diámetro es de 70 pies.

En el renglón correspondiente a la altura del tanque, en la columna de 28, 800 BLS se lee que la altura del tanque debe ser de 42 pies.

II.2. DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.

II.2.1. CONDICIONES DEL SUBSUELO.

Atendiendo a las instrucciones del Laboratorio de Mecánica de Suelos de Pemex, se procedió a la ejecución del Estudio de Mecánica de Suelos para la estructura del tanque de almacenamiento, que se encuentra ubicado al noreste de la Refinería.

Para este efecto se realizó una visita técnica ala área 8 norte de la Refinería, complementada con la exploración del subsuelo y la obtención de muestras representativas de los materiales que componen la estratigrafía del mismo.

En el estudio, se incluyen las observaciones de la exploración de campo, las conclusiones de los resultados de los ensayos de laboratorio, el análisis y las recomendaciones de capacidad de carga del suelo, así como la estructuración y los procedimientos constructivos de los pavimentos.

Table A - 1 Typical Sizes and Corresponding Nominal Capacities for Tanks with 72 - Inch Butt - Welded Courses

Tank Diameter (feet)	Approx. Capacity per Foot of Height (barrels)	Tank Height (feet)									
		Number of Courses in Completed Tank									
		12	18	24	30	36	42	48	54	60	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10	14	170	250	335	420	505					
15	31.5	380	565	755	945	1130					
20	56	670	1010	1340	1680	2010	2350	2690			
25	87.4	1050	1570	2100	2620	3150	3670	4200	4720	5250	
30	126	1510	2270	3020	3780	4530	5290	6040	6800	7550	
35	171	2060	3080	4110	5140	6170	7200	8230	9250	10280	
40	224	2690	4030	5370	6710	8060	9400	10740	12100	13430	
45	283	3400	5100	6800	8500	10200	11900	13600	15300	17000	
50	350	4200	6300	8400	10500	12600	14700	16800	18900	21000	
60	504	6040	9060	12100	15110	18130	21150	24190	27220	28260	
										D = 58	
70	685	8230	12340	16450	20580	24700	28800	32930	34970		
80	895	10740	16120	21500	26880	32260	37600	35810	D = 64		
90	1133	13600	20400	27220	34030	40820	40510	D = 73			
100	1399	16800	25200	33600	42000	48400	D = 83				
120	2014	24190	36290	48380	58480	D = 98					
					D = 118						
140	2742	32930	49350	65860							
160	3581	43000	64510	74600							
180	4532	54430	81650	D = 149							
200	5595	67200	100800								
220	6770	81310	102830							D = 202	

En anexo 1, se presenta la localización de los pozos a cielo abierto, los resultados de los ensayos físicos efectuados a las muestras alteradas, a las muestras inalteradas y a los materiales de banco, así como las especificaciones de calidad deberán cumplir los materiales que se utilizarán para la construcción de los pavimentos

II.2.2. TRABAJOS DE CAMPO.

Para conocer la estratigrafía superficial del subsuelo en estudio, se procedió a la excavación de tres pozos a cielo abierto de aproximadamente 2.50 m de profundidad

La localización de los pozos a cielo abierto, se presenta mas adelante y corresponde a las siguientes coordenadas.

P.C.A	COORDENADA	COORDENADA	COTA
No.	X	Y	
1	332619.4473	2350107.1593	1983.225
2	332731.6120	2350114.7313	1983.300
3	332687.4676	2350067.1784	1983.160

La estratigrafía obtenida en los pozos a cielo abierto, nos indica que superficialmente se encuentra una capa de material vegetal de color café claro, cuyo espesor promedio es 0.10 m, posteriormente se localiza un material que corresponde a una arcilla inorgánica, de alta plasticidad, de color negro cuyo espesor varia entre 0.70 m y 0.90 m, por ultimo y hasta la profundidad excavada se encuentra un material que corresponde a una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café claro.

En lo que respecta al nivel de aguas freaticas, este no se localizo en ninguno de los pozos a cielo abierto.

La topografía del terreno corresponde a planicie sin ningún tipo de protuberancias.

Los registros de las estratigrafías obtenidas en cada uno de los pozos a cielo abierto, se presentan posteriormente. Así mismo se indica la ubicación de las muestras alteradas e inalteradas que se obtuvieron de cada uno de los pozos a cielo abierto.

II.2.3. ENSAYES DE LABORATORIO.

Las muestras alteradas No. 2, 4 y 6, obtenidas durante la exploración del subsuelo y que representan los materiales que integran el terreno de apoyo de las cimentaciones, fueron procesadas en nuestro laboratorio mediante los análisis y ensayos correspondientes, encontrándose los resultados que se presentarán posteriormente y de los cuales se efectuaron los siguientes comentarios.

- Granulometría. El tamaño máximo de las partículas es inferior a 4.76 mm, al pasar el 100% del material por la malla No. 4, por la malla No. 40 pasa el 93.5% y por la malla No. 200 del 70.3% al 62.9% por lo que de acuerdo con su granulometría, este material se clasifica como un suelo de partículas finas.
- Límites de Plasticidad. Los valores de límite líquido varía del 52.2% al 63.4% y el índice plástico varía del 34.0% al 43.0%, denotando que la fracción fina de los suelos es de alta plasticidad.
- Contracción Lineal. Esta característica presenta valores entre el 12.0% y 16.0%, lo cual indica que se tendrán cambios volumétricos apreciables, al variar el contenido de agua del suelo.
- Valor Cementante. Esta de resultados que varían entre 12.5 Kg/cm² y 16.4 kg/cm², lo que demuestra que la fracción fina del suelo tiene excelente cementación.
- Peso Volumétrico Seco Máximo. Los resultados obtenidos varían entre 1225 kg/m³ y 1402 kg/m³, indicando que las partículas que componen este suelo corresponden a materiales de granulometría fina (arcillas).
- Valor relativo de Soporte Standard. En estos ensayos se encontraron valores entre 16.8% y 18.0%, lo que indica suelos con un V.R.S. aceptable.

Se concluye por los resultados obtenidos en el laboratorio, que el suelo donde se construirá el tanque de almacenamiento, está constituido por materiales de partículas finas y que de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), corresponden a una arcilla inorgánica de alta plasticidad, de un color café claro.

Con el fin de conocer los parámetros de resistencia del subsuelo de cada una de las muestras inalteradas, provenientes de los pozos a cielo abierto, se elaboraron probetas cilíndricas, las cuales fueron sometidas a ensayos de compresión triaxial.

II.2.4. ANALISIS.

De acuerdo a la información recibida, las estructuras que se van a construir en este terreno corresponden alimentadores para distribución, almacenaje y control de productos derivados del petróleo.

Por lo tanto y tomando como base la información anterior, se procedió a efectuar un análisis para cimientos superficiales.

➤ Capacidad de carga.

Para determinar la capacidad de carga del suelo, se utilizaron los datos del ángulo de fricción interna, cohesión, peso volumétrico y se aplicó la fórmula de Terzaghi, para el caso de cimientos poco profundos (zapatas corridas, zapatas aisladas o losas de cimentación). La expresión es la siguiente:

$$q_u = (1/F.S.)*(CNc) + (PV_q * Df * Nq + 0.5PV_g * B * Ng)$$

Donde:

q_u , capacidad de carga admisible (t/m^2)

F S., factor de seguridad (mínimo tres)

C, cohesión

PV_q, peso volumétrico del suelo arriba del nivel de desplante (t/m^3)

Df, profundidad de desplante (m)

PV_g, peso volumétrico del suelo abajo del nivel de desplante (t/m^3)

B, ancho de la zapata o losa (m)

Nc, Nq, Ng, factores de capacidad de carga que dependen de ϕ

➤ Asentamientos.

El cálculo de los asentamientos de tipo, se estimaron, mediante la teoría de Terzaghi, con la siguiente expresión.

$$S = H * mv * Ap$$

Donde:

H, espesor del estrato compresible

mv, coeficiente de variación volumétrica

Ap, sobrecarga debida a la presión que transmite el cimiento.

El coeficiente de variación volumétrica (mv), se estimó en base a los límites de consistencia del material y a su contenido de agua natural.

II.2.5. RECOMENDACIONES DE CAPACIDAD DE CARGA PARA LAS CIMENTACIONES.

Tomando como base la exploración de campo, los resultados de los ensayos de laboratorio y la aplicación de las formulas generalmente aceptadas de Mecánica de Suelos, se efectuaron las siguientes recomendaciones.

- Los suelos del área a construir, están constituidos superficialmente por una capa de material vegetal, cuyo espesor promedio es de 0.10 m, posteriormente se localiza un material que corresponde a una arcilla, inorgánica, de alta plasticidad, de color negro, cuyo espesor varia entre 0.70 m y 0.90 m, por ultimo y hasta la profundidad excavada se encuentra un material que corresponde a una arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café claro.
- El nivel de aguas freaticas, no se localizo en ninguno de los pozos a cielo abierto.
- La capacidad de carga, el tipo de cimentación y la profundidad de desplante para las estructuras, se efectuará de acuerdo a las siguientes recomendaciones:

Las cimentaciones de las estructuras se diseñaran en base de cimentaciones poco profundas, como pueden ser zapatas de anillo anular.

En virtud de que los suelos están constituidos por arcillas con características de expansión, se recomienda que se diseñen obras de drenaje, para evitar filtraciones de agua por debajo de las cimentaciones.

La cimentación de la estructura se deberá desplantar sobre la capa de arcilla color café claro.

La capacidad de carga admisible que se considerara para el diseño de la cimentación será de:

Para la condición de acciones permanentes y acciones variables (cargas vivas y muertas)

$$q_a = 25 \text{ t/m}^2$$

Para la condición de acciones permanentes, acciones variables y acciones accidentales (cargas muertas mas cargas vivas mas sismo o viento)

$$q_a = 29 \text{ t/m}^2$$

Para las capacidades de carga se pueden tener expansiones del orden del 0 5%, por lo que la probabilidad de falla del suelo es muy remota.

En lo referente a los asentamientos diferenciales a corto plazo y tomando como base las cargas previstas en el proyecto, estos seran del orden de 1.0 cm a 1.5 cm.

II.2.6. ESTRATIGRAFIA DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO.

POZO A CIELO ABIERTO No. 1

PROCEDIMIENTO: EXCAVACION A MANO COTA: 1983.225 m.

PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	No. MUESTRA
0.00 – 0.10	TERRENO VEGETAL DE COLOR CAFÉ CLARO	–
0.10 – 1.00	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR NEGRO	UNO
1.00 – 2.50	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR CAFÉ CLARO	DOS

Nota: se saco una muestra inalterada "A", en la profundidad 1.00 – 2.50 m.

POZO A CIELO ABIERTO No.2

PROCEDIMIENTO: EXCAVACION A MANO COTA: 1983.300 m.

PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	No. MUESTRA
0.00 - 0.10	TERRENO VEGETAL DE COLOR CAFÉ CLARO	-
0.10 - 0.80	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR NEGRO	TRES
0.80 - 2.50	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR CAFÉ CLARO	CUATRO

Nota: se saco una muestra inalterada "B", en la profundidad 0.80 - 2.50 m.

POZO A CIELO ABIERTO No 3.

PROCEDIMIENTO: EXCAVACION A MANO COTA: 1983.160 m.

PROFUNDIDAD (m)	MATERIAL	No. MUESTRA
0.00 - 0.10	TERRENO VEGETAL DE COLOR CAFÉ CLARO	-
0.10 - 0.90	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR NEGRO	CINCO
0.90 - 2.50	ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD DE COLOR CAFÉ CLARO	SEIS

Nota: se saco una muestra inalterada "C", en la profundidad 0.90 - 2.50 m.

II.2.7. RESULTADOS DE LOS ENSAYES TRIAXIALES.

MUESTRA "A"

MUESTREO EN: POZO A CIELO ABIERTO No.1 PROFUNDIDAD: 1.80 m.

PRUEBAS		P1	P2	P3
PESO VOLUMETRICO SECO	KG/M3	1550	1564	1560
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	KG/M3	1205	1209	1214
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	28.6	29.4	28.5
DENSIDAD DE SOLIDOS	GR/CM3	2.42	2.43	1.05
RELACION DE VACIOS		1.05	1.07	62
GRADO DE SATURACION	%	58	58	
COHESION	TON/M2		7.02	
ANGULO DE FRICCION INTERNA	GRADOS		36.8	

MUESTRA "B"

MUESTREO EN: POZO A CIELO ABIERTO No. 2 PROFUNDIDAD: 2.20 m.

PRUEBAS		P1	P2	P3
PESO VOLUMETRICO SECO	KG/M3	1230	1123	1155
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	KG/M3	1588	1454	1482
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	29.1	29.5	28.3
DENSIDAD DE SOLIDOS	GR/CM3	2.48	2.39	2.44
RELACION DE VACIOS		1.05	1.19	1.15
GRADO DE SATURACION	%	69	59	60
COHESION	TON/M2		7.47	
ANGULO DE FRICCION INTERNA	GRADOS		37.5	

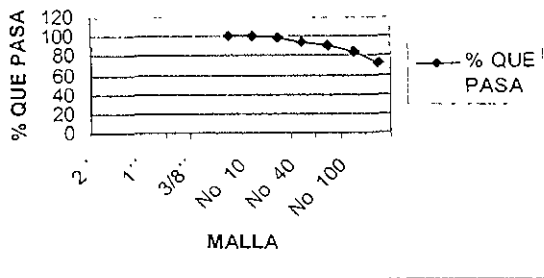
MUESTRA "C"MUESTREADA EN POZO A CIELO ABIERTO No 3 PROFUNDIDAD 2.00 m.

PRUEBA		P1	P2	P3
PESO VOLUMETRICO SECO	KG/M3	1216	1234	1250
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	KG/M3	1580	1610	1630
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	29.9	30.5	30.4
DENSIDAD DE SOLIDOS	GR/CM3	2.43	2.43	2.32
RELACION DE VACIOS		1.04	1	0.9
GRADO DE SATURACION	%	70	74	78
COHESION	TON/M2		5.59	
ANGULO DE FRICCION INTERNA	GRADOS		37.6	

II.2.8. RESULTADOS DE LOS ENSAYES A LAS MUESTRAS ALTERADAS.

MUESTRA 1 (UNO)

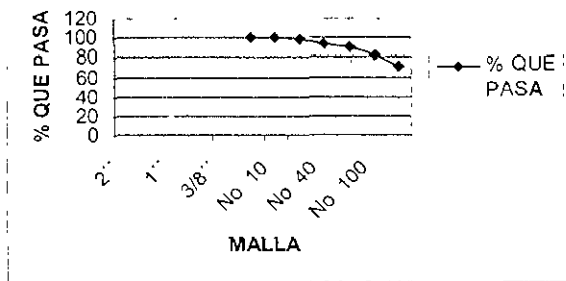
GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2	100
1 1/2"	95.9
1"	89.1
3/4"	85.5
3/8"	71.1
No.4	56.2
No 10	42.9
No 20	32.9
No 40	25.2
No.50	22.1
No 100	18.6
No 200	15



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	KG/M3	1487
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	KG/M3	1858
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO	%	13.8
DENSIDAD	GR/CM3	2.4
ABSORCION	%	15.3
LIMITE LIQUIDO	%	28.9
LIMITE PLASTICO	%	13
INDICE PLASTICO	%	15.9
CONTRACCION LINEAL	%	5.8
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	7.2
V. R. S STANDARD	%	54.3
EXPANSION	%	1.4
EQUIVALENTE DE ARENA	%	32
CLASIFICACION S U C.S		

MUESTRA 2 (DOS)

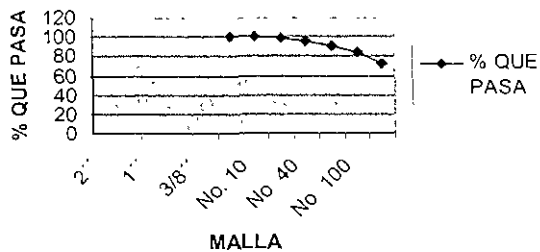
GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
No. 4	100
No. 10	99.8
No. 20	98.5
No. 40	94.1
No. 50	90.2
No. 100	83.5
No. 200	72.8



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	KG/M3	959
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	KG/M3	1253
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO	%	31.4
LIMITE LIQUIDO	%	68.8
LIMITE PLASTICO	%	21.8
INDICE PLASTICO	%	47
CONTRACCION LINEAL	%	16
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	6.4
V R S. STANDARD	%	15
EXPANSION	%	3.6
CLASIFICACION S U C S		C H

MUESTRA 3 (TRES)

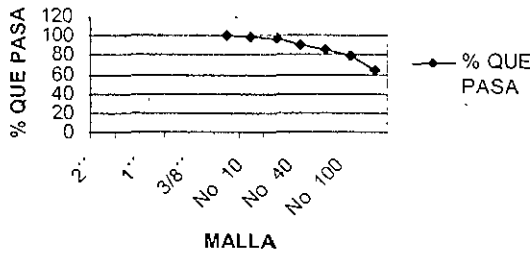
GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
No 4	100
No. 10	99.7
No 20	98.2
No. 40	93.5
No 50	89.9
No. 100	82.3
No 200	70.3



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	KG/M3	1008
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	KG/M3	1225
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO	%	32.6
LIMITE LIQUIDO	%	62.6
LIMITE PLASTICO	%	17.6
INDICE PLASTICO	%	45
CONTRACCION LINEAL	%	16
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	13.6
V R S. STANDARD	%	17
EXPANSION	%	3
CLASIFICACION S U C S.		C. H.

MUESTRA 4 (CUATRO)

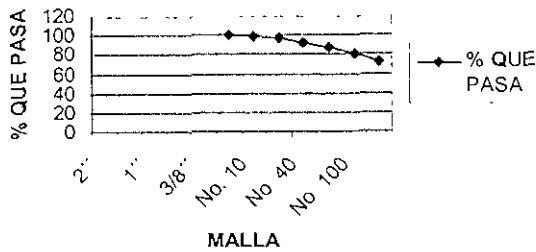
GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2	
1 1/2	
1	
3/4	
3/8	
No 4	100
No. 10	98.2
No 20	96.4
No 40	90.3
No. 50	84.9
No 100	78.3
No 200	64.1



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	KG/M3	1127
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	KG/M3	1402
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO	%	22
LIMITE LIQUIDO	%	52.2
LIMITE PLASTICO	%	18.2
INDICE PLASTICO	%	34
CONTRACCION LINEAL	%	12
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	16.4
V. R. S STANDARD	%	18
EXPANSION	%	2.8
CLASIFICACION S.U.C.S		C.H.

MUESTRA 5 (CINCO)

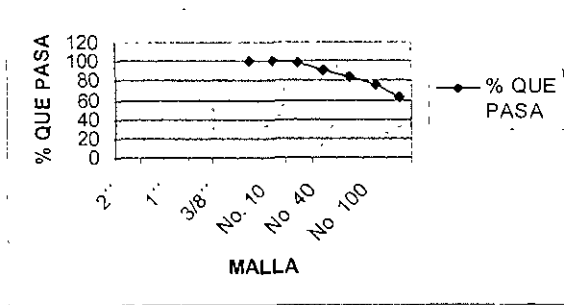
GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
No 4	100
No 10	99.4
No. 20	97.6
No 40	92.1
No. 50	87.6
No. 100	81.2
No 200	72.4



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMETRICO SECO SUELTO	KG/M3	1019
PESO VOLUMETRICO SECO MAXIMO	KG/M3	1262
CONTENIDO DE AGUA OPTIMO	%	29.4
LIMITE LIQUIDO	%	66.5
LIMITE PLASTICO	%	24.5
INDICE PLASTICO	%	42
CONTRACCION LINEAL	%	15.3
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	5.6
V R. S. STANDARD	%	14.4
EXPANSION	%	3.2
CLASIFICACION S U C S		C. H

MUESTRA 6 (SEIS)

GRANULOMETRIA	
MALLA	% QUE PASA
2"	
1 1/2"	
1"	
3/4"	
3/8"	
No. 4	100
No. 10	99.8
No. 20	97.9
No. 40	90.6
No. 50	83.8
No 100	75.1
No 200	62.9



PRUEBAS		RESULTADOS
PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO	KG/M3	1099
PESO VOLUMÉTRICO SECO MÁXIMO	KG/M3	1335
CONTENIDO DE AGUA ÓPTIMO	%	28
LÍMITE LÍQUIDO	%	63.4
LÍMITE PLÁSTICO	%	20.4
ÍNDICE PLÁSTICO	%	43
CONTRACCIÓN LINEAL	%	15.6
VALOR CEMENTANTE	KG/CM2	12.5
V. R. S. STANDARD	%	16.8
EXPANSIÓN	%	3
CLASIFICACIÓN S U C S		C H.

II.2.9. PRECARGA DEL TERRENO

Considerando como calculo preliminar una altura de la precarga de 9 m , la cual nos dará el esfuerzo necesario para lograr la compacidad requerida

El diámetro del terreno mejorado tendrá que ser mayor que el diámetro del tanque, por lo que se considerara un diámetro de 40 m. En el caso de esta solución llegue a ser la mas adecuada la altura de la precarga se tendrá que calcular de manera exacta; así como el diámetro

$$\text{Superficie por precarga} = \pi D^2/4$$

$$S_{\text{precarga}} = 1256.64 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen} = 11309.76 \text{ m}^3$$

II.2.10. CALCULO DE LA CIMENTACIÓN.

Como ya es de saberse, la cimentación es una subestructura encargada de transmitir la carga al terreno, garantizando el buen funcionamiento de nuestra estructura.

Para el caso que nos ocupa y dadas las condiciones actuales de nuestro terreno de desplante el funcionamiento de la cimentación se considerara en dos etapas; la primera que consta de la construcción y el montado del tanque y la segunda en la cual se realizara la prueba hidrostática, y se encontrara en condiciones de operación y con un suelo estabilizado.

En estas condiciones para el calculo de la cimentación no será necesario tomar en cuenta la capacidad de carga del terreno, dado que sabemos de antemano que los estratos están en condiciones de soportar la carga de proyecto, por lo que no se presentaran asentamientos los cuales demasiado considerables, ya que es un terreno donde es altamente mejorado naturalmente.

A continuación se hace una explicación mas detallada de los requerimientos que hay que tomar en cuenta. Dichos requerimientos están tomados de la norma 2.215.02 de PEMEX, "Cimentaciones para Tanques de Almacenamiento"

Las presentes normas, se aplicaran a cimentaciones de tanques de acero cilíndricos verticales de fondo plano y techo fijo o flotante.

Los asentamientos respecto a puntos de la superficie del terreno circundante no afectados por la construcción, no deberán alcanzar una magnitud tal que ocasione dificultades en la operación del tanque. El máximo asentamiento total permisible

II.2.11. SELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACION.

Las condiciones del suelo nos presentan en terminos generales un suelo firme a los 1.5 m de profundidad. Esta capa se mejorara aun mas con la prueba hidrostática, por lo que antes de poner en operación el tanque tendremos un tanque con buenas características.

El tipo de cimentación será el recomendado "Anillo de Cimentación", que es un tipo de cimentación siempre recomendada para cualquier tipo de tanques, pero en particular para tanques de techo flotante y para tanques de mas de 30 m de diámetro o de 12 m de altura.

II.2.12. REQUERIMIENTOS GENERALES DEL ANILLO DE CIMENTACIÓN.

Las principales características de este tipo de cimentación están resumidas en los anexos 2. El fondo del tanque descansará sobre un terraplén cuya altura se fijara 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 substituir el material superficial indeseable por uno libre de materias orgánicas y productos corrosivos, cuyas condiciones de compactación cumplirán con las especificadas en la tabla de máximos asentamientos permisibles.

Si los asentamientos esperados son grandes, las columnas deberán contar con un dispositivo que permita modificar su altura en caso de que resulte necesario.

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

$$b = 100W/(\gamma_f H/2 + h(\gamma_m - \gamma_c))$$

Donde:

b, ancho del muro, en cm.

H, altura del tanque, en m.

h, altura del muro, en m.

W, peso de la pared lateral de acero y de la fracción de techo soportada por metro lineal, en ton/m.

γ_f , peso volumétrico del fluido, en ton/m²

γ_m , peso volumétrico del relleno confinado, en ton/m³
 γ_c peso volumétrico del concreto reforzado, en ton/m³

En ningún caso el ancho del muro podrá ser inferior a 30 cm
 La tensión en el muro se calculara con la siguiente expresión

$$T = P_o D/2$$

Donde:

T, fuerza de tensión en la sección del muro, en ton.

D, diámetro interior, en m.

P_o, presión horizontal atribuible al efecto combinado del relleno y de la sobrecarga del fluido, la cual se calculara en la forma indicada a continuación.

$$P_o = K_a(\gamma_m h + \gamma_f H)$$

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \varphi/2)$$

Siendo φ el ángulo de fricción interna del material de relleno.

II.2.13. RESULTADOS DEL CALCULO DEL ANILLO DE CIMENTACIÓN.

La cimentación para el tanque de almacenamiento se hará tomando en cuenta las recomendaciones hechas con anterioridad.

Diámetro del tanque. 22.35 m
 Altura del tanque. 14 m
 Peso del tanque. 729.43 ton
 Capacidad del tanque. 4770 m³
 Altura del anillo (propuesta). 1.5 m.

Cargas.

Peso del fondo, P_f = 30.90 ton.

Peso de la pared.

Peso de la pared, W_p = 9.95 ton/m.

Determinación de la geometría del anillo.

Datos

- Peso específico del líquido que se almacenara (γ), será de 1 ton/m³, se considerara este valor porque el peso del producto que se almacenara es combustóleo, en nuestro caso.
- Peso volumétrico del concreto (γ), 2.4 ton/m³
- Peso volumétrico del relleno confinado (γ_m), 1.6 ton/m³.

Cálculos del espesor del anillo.

$$b = 11.81 \text{ pulgadas}$$

$$b = 30 \text{ cm.}$$

Cálculos del acero de refuerzo

Calculamos la presión horizontal debido al relleno y sobrecarga del fluido y las tensiones en el anillo, obteniendo:

$$P_o = 22.83 \text{ ton/m}^2$$

$$T = 255.024 \text{ ton/m}$$

Area de acero necesaria para resistir la tensión

$$A_s = 101.2 \text{ cm}^2$$

Utilizando varillas del No 8 ($\phi = 1''$), $a_v = 5.06 \text{ cm}^2$.

$$N_v = 10 \text{ varillas}$$

$$\text{Separación} = 14.5 \text{ cm.}$$

Acero por temperatura.

Bajo las condiciones de carga en que se encuentra la estructura de concreto, esta no se ve afectada por la fuerza cortante, sin embargo, por fines constructivos es necesario dotarla de anillos para poder tener en condiciones de colado el acero longitudinal. Y a falta de cortante para esto se tomara el mínimo que es el de temperatura.

Según A. C. I. 318 – 77 el porcentaje mínimo de acero por temperatura para barras con grado menor a 40 o 50 la $P_{\text{temperatura}} = 0.0020$. Por lo que para el caso que nos ocupa el área de acero sigue siendo la misma.

II.2.14. DISEÑO POR VIENTO.

Esencialmente el viento es aire en movimiento considerado como un fluido, y al igual que cualquier otro fluido, produce distintos efectos sobre los objetos que se le imponen. Todas las fuerzas debidas al viento, son dinámicas en el sentido que son producidas por un fluido en movimiento, sin embargo, bajo determinadas circunstancias, es valido tratar estas cargas como estáticas. Esta aproximación resulta satisfactoria dado que en general la relación entre la variación del viento en el tiempo y la frecuencia natural de la estructura es tal que se genera básicamente una respuesta estática.

Los efectos del viento en las estructuras pueden, en ocasiones, ser importantes y hacer que se violen los requisitos de seguridad y servicio establecidos para ellas. El viento, entonces, debe considerarse como una acción en el diseño estructural.

A continuación se hace un análisis a groso modo, pero detallado de las fuerzas debidas al viento que actúen sobre el tanque y los efectos que en ella causan. Dicho análisis se basa en los procedimientos recomendados por PEMEX y C. F. E.

La velocidad de diseño se expresa a continuación:

$$V_d = KV_0$$

$$V_d = 161.23 \text{ km/hr}$$

La velocidad de viento a una altura "z":

$$V_z = V_d(z/10)^a$$

$$V_z = 167.4 \text{ km/hr}$$

Por lo tanto la velocidad de diseño será:

$$V_d = 167.4 \text{ km/hr}$$

Las presiones y succiones debidas al viento son las siguientes:

$$P = 0.0048GC(V_d)^2$$

$$G = (8 + 0.004)/(8 + 0.008) = 1.0; h = 1757 \text{ m.s.n.m.}$$

$$P = 134.51 \text{ kg/cm}^2$$

VALORES DEL COEFICIENTE "C"
0.7
-1.65
-1.2
-0.9
-0.45

Para el caso de tanques, por tener una sección cilíndrica, no se considerara succión y además se toma como coeficiente de empuje $C = 0.7$.

Calculo de las presiones y/o succiones.

$$\begin{aligned}
 P_1 &= 84.1 \text{ kg/m}^2 \\
 P_2 &= -231.41 \text{ kg/m}^2 \\
 P_3 &= -168.3 \text{ kg/m}^2 \\
 P_4 &= -126.22 \text{ kg/m}^2 \\
 P_5 &= -63.11 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Calculo de las fuerzas actuantes.

$$\begin{aligned}
 F_1 &= 75 \text{ ton} \\
 F_2 &= -25.32 \text{ ton} \\
 F_3 &= -104.915 \text{ ton} \\
 F_4 &= -64.702 \text{ ton} \\
 F_5 &= -92.097 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Calculo de los momentos de la estructura.

$$\begin{aligned}
 M_{V1} &= 548.7 \text{ ton.m} \\
 M_{V2} &= -1470.6 \text{ ton.m} \\
 M_{V3} &= -4905.82 \text{ ton.m} \\
 M_{V4} &= -2090.2 \text{ ton.m} \\
 M_{V5} &= -2657.92 \text{ ton.m} \\
 M_{VT} &= -10575.84 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

Calculo del momento resistente.

$$M_R = 26548.36 \text{ ton.m}$$

Factor de reducción de resistencia.

$$F. R. = M_R/M_V$$

$$F.R = 2.3 > 1.5$$

Con lo que se puede concluir que el tanque es estable y no es necesario anclarlo.

II.2.15. ANALISIS SISMICO DE LA CIMENTACIÓN.

Anteriormente se menciono que la estructura es estable, y que no es necesario anclarla, sin embargo, no se reviso las condiciones de la cimentación bajo la acción del sismo por lo que a continuación se hará dicho análisis.

Una de las revisiones bajo sismo es la de los esfuerzos producidos en el terreno bajo condición sísmica, para la cual es útil conocer, ya que habrá que esperar a concluir la prueba hidrostática. Sin embargo, con la experiencia de los ingenieros de PEMEX, se sabe que la capacidad de carga después de la prueba hidrostática será en forma aproximada y conservadoramente la siguiente:

$$Q_s = 0.66D$$

Propiedades del anillo.

$$A = 392.32 \text{ m}^2$$

Modulo de sección.

$$S = 1096.05 \text{ m}^3$$

Peso del tanque lleno.

$$W_T = 34,354.346 \text{ ton}$$

$$W_V = 547.326 \text{ ton}$$

Esfuerzos del terreno.

$$\sigma = 17.32 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = 14.751 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma < \sigma_{\text{permisible}}$$

II.2.16. RELLENO EN EL INTERIOR DEL ANILLO DE CIMENTACIÓN.

Una vez terminada la construcción del anillo de cimentación, se deberán seguir las recomendaciones que se citan a continuación, con el fin de dejar una superficie adecuada para recibir el piso metálico del tanque y garantizar la funcionalidad del sistema.

Los 50 cm superiores del terrapién serán constituidos por arena limpia gruesa, grava o piedra molida, con un tamaño de partícula de aproximadamente 1 a 2.5

cm Este estrato se estabilizara con asfalto, para poder dar a la superficie de apoyo la forma adecuada. El producto empleado debora presentar toda garantía contra la corrosión galvánica de los productos que se llegaran a filtrar por grietas o absorción, o incendio durante las operaciones de soldadura. Se dará una ligera pendiente a la superficie de apoyo del centro hacia la periferia con el objeto de compensar los asentamientos diferenciales y facilitar el lavado y la remoción de sedimentos del tanque. la pendiente se fijara en función de la magnitud de los asentamientos diferenciales esperados pero no será inferior a 1 %

Condiciones de compactación de suelos para terraplenes

CONDICION 1 Terraplenes hasta 3 m de altura no sometidos a inundaciones de larga duracion.	
Peso volumetrico seco maximo de laboratorio en kg/m ³	Exigencias minimas de compactacion en el terraplen (porcentaje de peso vol. seco de laboratorio)
1439 o menos	*
1440 - 1649	100
1650 - 1759	98
1760 - 1919	95
1920 - y mas	90
CONDICION 2 Terraplenes hasta 3 m de altura, o de menor altura sujetos a periodos largos de inundacion	
Peso volumetrico seco maximo de laboratorio en kg/m ³	Exigencias minimas de compactacion en el terraplen (porcentaje de peso vol. seco de laboratorio)
1519 o menos	**
1520 - 1649	102
1650 - 1759	100
1760 - 1919	98
1920 y mas	95

* Los suelos con peso volumétrico menor de 1440 kg/m³ se consideraran inadecuados y no se utilizaran en terraplenes.

** Los suelos con peso volumétrico seco máximo de 1529 kg/m³ se consideraran inadecuados y no se utilizaran en terraplenes bajo la condición 2.

II.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL TANQUE.

II.3.1. MATERIALES.

Los materiales mas comúnmente usados en la construcción de tanques de almacenamiento son usualmente metales, aleaciones metálicas o materiales con revestimiento que sean apropiadas para contener el fluido.

En lugares donde no existen problemas apreciables debidos a la corrosión, el mas barato y de fácil obtención son las placas de acero templado en caliente. Los tipos de placas de acero especificados por el API – 650 para la construcción de tanques son: A – 283 – C para el techo y fondo de tanques y la A – 516 – 70 para las placas de la envolvente.

Estos aceros tienen bajo contenido de carbón por lo que son mas blandos, dúctiles y son fácilmente cortados, rolados y moldeados en varias formas usadas en la fabricación de tanques. Estos aceros son también fácilmente soldados y permiten obtener juntas de resistencia uniforme.

II.3.2. DISEÑO DE LA ENVOLVENTE.

La mayoría de los tanques y recipientes son cilíndricos, por lo que un cilindro tiene gran resistencia estructural y es de fácil fabricación. Varios tipos de esfuerzos son los que se presentan en una envolvente cilíndrica, estos se pueden clasificar como:

- Esfuerzo longitudinal, como resultado de la presión interna del recipiente.
- Esfuerzo circunferencial, resultado de la presión interna del recipiente.
- Esfuerzos residuales en la soldadura como resultado del precalentamiento.
- Esfuerzos como resultado de cargas accidentales tales como: viento, nieve, hielo, equipo auxiliar y cargas de impacto.
- Esfuerzos como resultado de los cambios de temperatura (dilataciones y contracciones).
- Otros que pueden ser encontrados en la practica.

Existen dos métodos que nos permiten calcular el espesor de las placas de la envolvente y que toman en cuenta los esfuerzos ya mencionados, estos son:

- Espesores por el método de un pie o teoría de la membrana.

➤ Espesores por el método de diseño de punto variable

Para el caso de este proyecto, se hará uso del método de punto variable, para el cálculo de los espesores.

Este método consiste en calcular el espesor de las placas de la envolvente en puntos designados en los cuales actúan los esfuerzos efectivos circunferenciales relativamente cercanos a los esfuerzos permisibles.

Este procedimiento proporciona una reducción en el espesor de los anillos de la envolvente lo cual representa una ventaja debido al ahorro económico y reducción del peso del material.

A todo este se debe el empleo de este método para la construcción de tanques de grandes dimensiones.

II.3.3. EFICIENCIA DE LAS JUNTAS Y TOLERANCIA DEBIDA A LA CORROSION.

En los tanques de almacenamiento que se encuentran sometidos a la presión atmosférica, las juntas soldadas raramente son radiografiadas o sometidas a pruebas de esfuerzos.

El cordón de soldadura puede no ser tan resistente como la placa adjunta de la envolvente.

De acuerdo con la experiencia se ha encontrado que se debe contar con una tolerancia para tomar la posible debilidad del cordón, para ello se introduce un "factor de eficiencia de las juntas" (E). Este factor es siempre menor que la unidad y es especificado por el tipo de construcción soldada en los manuales de soldadura.

Al espesor de la placa calculado se le agrega un espesor (C), debido a la corrosión y el valor final para el espesor de las placas será obtenido al redondear el valor obtenido al valor comercial superior en existencia.

II.3.4. RESULTADOS DE LOS ESPESORES DE LOS ANILLOS.

Datos de diseño de la envolvente.

El diseño se hará para la condición de prueba, es decir, el diseño se realizara para un tanque lleno de agua (prueba hidrostática).

Densidad del liquido. $G = 1.0$

Diámetro del tanque. $D = 200$ pies.

Altura total del tanque. $H = 46$ pies

Numero de anillos. $N = 6$

Eficiencia de las juntas. $E = 0.8$

Esfuerzo permisible de prueba para acero A 516 - 70. $\sigma = 28000$ psi.

Altura de cada anillo. $h = 92$ pulgadas.

ANILLO	ESPESOR	
	in	cm
1	1.081	2.74
2	0.874	2.22
3	0.748	1.9
4	0.63	1.6
5	0.433	1.1
6	0.374	0.95

En la parte superior de la envolvente, justamente después del último anillo se coloca un ángulo que nos permite colocar las placas del techo, este ángulo se conoce como ángulo de coronamiento y de acuerdo con las especificaciones API - 650 se recomienda usar las siguientes dimensiones de ángulos superiores correspondientes a diferentes dimensiones de tanques.

- $D \leq 35$ pies, usar ángulo $2 \times 2 \times 1/16$ pulgadas
- $35 < D \leq 60$ pies, usar ángulo $2 \times 2 \times 1/4$ pulgadas
- $D > 60$ pies, usar ángulo $3 \times 3 \times 3/8$ pulgadas

Para el tanque de este proyecto se utilizara un ángulo APS de $2 \times 2 \times 1/16$ pulgadas.

II.3.5. TIPOS DE SOLDADURA.

Las placas que se utilizan para formar el tanque deben de unirse entre si, para lograr que todos los elementos trabajen en conjunto. Para ello se emplea soldadura de cualquiera de los tipos que a continuación se describen, dependiendo de las condiciones de diseño y economía.

- TIPOS DE SOLDADURA
- Soldadura en junta a tope
 - Soldadura de filete o chaflán
 - Soldadura de filete completo
 - Soldadura provisionai o por puntos

1. Soldadura en junta o tope. Esta es la soldadura que se deposita en la ranura entre dos elementos situados en el mismo plano (a tope) y cuyos bordes quedaran en contacto. Los bordes podrán ser rectangulares, en V (simple o doble) o en U (simple o doble), en paralelo sin preparacion, en J (simple o doble).
2. Soldadura de filete o chaflán. Soldadura que tiene por sección transversal aproximadamente triangular y que une dos superficies situadas aproximadamente en ángulo recto como las ensambladas en T, en rincón o traslape.
3. Soldadura de filete completo. Soldadura de filete, cuyo tamaño es igual al espesor de la pieza mas delgada por unir.
4. Soldadura provisionai o soldadura por puntos. Soldadura que se hace para mantener alineados los elementos ensamblados, mientras se sueldan definitivamente.

II.3.6. DISEÑO DEL FONDO.

La forma y diseño del fondo de un tanque de almacenamiento dependerá de las siguientes características:

- Tipo de cimentación usado para soportar el tanque.
- El método para llenar y vaciar el tanque.
- El ángulo de sedimentación de los sólidos en suspensión.
- Corrosión del fondo en contacto con el suelo y producto en contacto directo.
- Dimensiones del tanque.

Dimensiones de la plancha.

Las planchas del fondo deberán tener como mínimo un espesor nominal de 6 mm (1/4"), o un peso de 49.8 kg/m² (10.2 lb/pie²), sin incluir la tolerancia por corrosión. Las planchas tendrán forma rectangular y un ancho mínimo de 1829 mm (6'). Las planchas de las orillas del fondo sobre las que descansa la envolvente del tanque que lleven un extremo rectangular, tendrán un ancho mínimo de 1829 mm (6') en dicho extremo. Cuando se utilicen placas cuyo espesor mínimo sea de 6 mm (1/4"), no se aceptara ninguna tolerancia de espesor hacia abajo.

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

Métodos de fabricación.

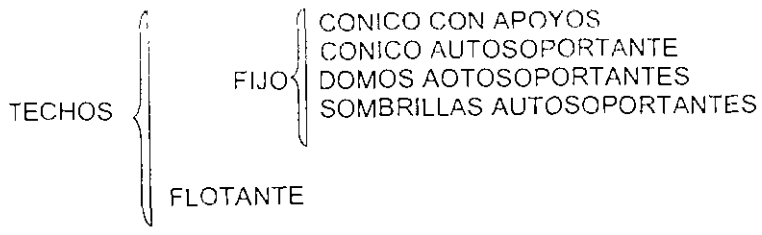
El fondo del tanque se fabricara conforme a uno de los siguientes métodos, o una combinación de ambos:

- Las planchas traslapadas del fondo tendrán una forma sensiblemente rectangular con sus bordes a escuadra. Los traslapes de tres planchas del fondo de los tanques distaran entre si y la envolvente del tanque cuando menos 305 mm (12"). Las placas traslapadas del fondo únicamente irán soldadas por su cara superior con soldadura de filete completo y continuo en toda la junta. Las planchas del fondo que queden debajo del anillo inferior de la envolvente deberán estar traslapadas y ajustadas de manera que la envolvente se apoye uniformemente sobre ellas, a menos que se utilicen planchas anulares, estas deberán soldarse a tope a distancia de 609 mm (24") como mínimo a partir de la envolvente.
- Las planchas del fondo que vayan soldadas a tope deberán llevar sus bordes paralelos; dichos bordes deberán llevar una preparación (ranura en V o cuadradas) para soldarse a tope. Si en el diseño se especifican ranuras cuadradas, la abertura en la raíz no deberá ser menor de 6.3 mm (1/4"). Las planchas del fondo que vallan soldadas a tope, deberán llevar una tira de solera de respaldo con espesor mínimo de 3.2 mm (1/8") y punteada con soldadura por la parte posterior de la plancha. Se deberá utilizar un separador metálico para mantener la abertura de la raíz de la junta entre las dos placas adyacentes.
 Dos juntas a tope en el fondo del tanque no deberán estar a una distancia menor de 305 mm (12"), así como también de la junta de la envolvente con el fondo.

II.3.7. DISEÑO DEL TECHO.

TIPOS DE TECHOS.

Existe una importante clasificación para los tipos de techos de tanques cilíndricos de almacenamiento, que a continuación se señala:



TECHOS FIJOS

- Techo cónico con apoyo.

Es un techo con forma aproximada a la de un cono recto con sus apoyos principales (cabrios) sobre columnas y traves o armaduras.

- Techo cónico autoportante.

Es también de una forma aproximada a un cono recto pero en este caso solamente se apoya en su periferia.

- Techo de domo autoportado.

Es un techo de forma aproximadamente esférica soportado únicamente en la periferia.

- Techo de sombrilla autoportada.

Se puede decir que es una modificación del techo de domo autoportado, con la particularidad de que este esta formado de muchos lados, con la característica de que ninguna sección horizontal es un polidomo regular.

TECHO FLOTANTE.

Son techos formados por placas de acero que tienen la característica de que pueden alcanzar el nivel del tanque y después regresar al nivel del liquido contenido sobre el cual flota el techo, justo abajo del borde superior de la envolvente sin dañar ninguna parte del techo, tanque o accesorios. Durante este proceso no se requiere de la intervención de la mano del hombre, es decir es un proceso mecanizado, donde el techo baja según la capacidad del tanque o nivel del producto.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el tipo de techo utilizado para este proyecto sera un techo cónico soportado

Cualquiera que sea la forma del techo o método de soporte, el techo del tanque se diseña para soportar una carga viva mínima de 25 lb/pie^2 (120 kg/m^2) como incremento de la carga muerta. Esta carga viva es un promedio que considera las combinaciones de carga por viento, nieve y también el peso del personal que tiene que andar sobre el techo para inspeccionar el tanque o bien para llegar a la entrada de hombre del techo.

Cuando debido a las dimensiones que requiere un techo cónico con soporte estructural la pendiente que se recomienda para el techo es de 6.25%.

Las placas del techo deben formar una cresta para reducir el numero de correas, además las placas no se conectan con las correas directamente. Por especificación las placas del techo deben tener un espesor mínimo de $3/16$ " (48 cm).

Debido al material que existe en el mercado las placas del techo serán de $1/4$ " de espesor, con un peso de 50 kg/m^2 .

Como en el caso del fondo las placas del techo deben mantenerse en una disposición simétrica para tener un ahorro de material.

Los tanques de almacenamiento así como otros recipientes de gran tamaño con techos cónicos regularmente son diseñados sin considerar la flexión de las placas del techo, por lo tanto un diseño de las correas espaciadas suficientemente cercanas unas de otras evitara el incremento de esfuerzos en los extremos de las placas como resultado de la flexión.

Se supone que las placas del techo trabajan como vigas continuas horizontales con una carga uniforme y empotradas, mientras que las correas y vigas se supone que trabajan como vigas uniformemente cargadas con apoyos libres, por lo que el diseño del techo toma en consideración la flexión y cortante actuante en las placas del techo, correas y vigas.

Un tanque de tamaño mediano, como el de nuestro proyecto, requiere de una estructura soportante a base de columnas, vigas y correas.

II.3.8. VIGAS Y CORREAS.

Limitando la longitud de las vigas a 8.101 m ya que para claros mayores de 9 m se requieren secciones demasiado pesadas, esto nos obliga a la colocación de las correas empleando polígonos de vigas.

Usando un radio de 8 101 m para circunscribir el polígono interior que consiste de 5 lados. Para mantener la simetría en el segundo polígono se colocaran vigas con la misma longitud de 8 101 m.

Las correas son perfiles sobre los cuales se encuentra apoyado el techo, el mínimo número de correas adyacentes a la envolvente se obtiene dividiendo la circunferencia de la envolvente entre el mayor espaciamento de las correas considerando que trabajan como una viga empotrada en los extremos con una carga uniformemente repartida. Por lo que se obtiene un momento máximo, flexión y módulo elástico.

II.3.9. COLUMNAS SOPORTANTES.

Se recomienda el uso de perfiles canal para formar las columnas procurando obtener el mayor momento de inercia por ello se utilizan dos perfiles canal colocados.

Columna interior

Peso que transmiten las vigas, 12204 kg.

Relación de esbeltez, $161 < 180$ (es la menor relación de esbeltez especificada para las columnas en el API – 650).

Esfuerzo máximo permisible, 508 kg/cm².

Columna exterior.

Peso que transmiten las vigas, 14886 kg.

Relación de esbeltez, $164 < 180$ (es la menor relación de esbeltez especificada para las columnas en el API – 650).

Esfuerzo máximo permisible, 499 kg/cm².

II.3.10. DISEÑO SISMICO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO.

El procedimiento del diseño considera dos modos de respuesta del tanque y su contenido.

- La respuesta amplificada de amplia frecuencia del movimiento lateral del suelo, de la armazón del tanque y del techo juntos con una porción del líquido contenido el cual se mueve simultáneamente con la armazón.
- La respuesta amplificada de amplia frecuencia de una porción del líquido en el modo fundamental del golpeo.

El diseño requiere la determinación de la masa hidrodinámica asociada con cada modo, la frecuencia lateral y el momento de volteo aplicado a la estructura resultante de la respuesta de las masas sujetas al movimiento lateral del suelo.

Momento de volteo.

Datos:

Peso total de la envolvente, $w_g = 387400$ kg

Altura del fondo del tanque, $X_g = 24$ pies.

Peso total del techo, $w_R = 148890$ kg.

Altura total de la envolvente, $H_T = 48$ pies

$$M = 103952155 \text{ lbs.pies.}$$

Resistencia al volteo.

$$w_L = 102341 \text{ lbs.}$$

Compresión máxima permisible en la envolvente.

$$F_u = 5312 \text{ psi} < 15000 \text{ psi.}$$

Con lo cual el tanque es estable.

II.3.11. PRUEBA HIDROSTÁTICA.

La prueba hidrostática es un método mediante el cual se puede verificar la funcionalidad del sistema del tanque, garantizando así el buen funcionamiento de todos sus componentes.

Esta prueba consiste en someter el tanque a una presión mayor o igual que la presión de trabajo con la cual se diseñó. Esto se logra mediante el llenado del tanque con agua la cual le provocara la presión buscada (para el caso en cuestión como el peso específico del agua es mayor que el peso específico del combustoleo la presión inducida será mayor que la presión de trabajo); se esta forma se podrán identificar fugas del líquido o fallas en la soldadura del piso como de la envolvente; así mismo se verificara el comportamiento del sistema de cimentación y la respuesta del suelo ante la carga.

Esta prueba se realiza en forma rutinaria a todos los tanques de almacenamiento.

Para el caso que nos ocupa se utilizara esta prueba para inducir un esfuerzo de sobrecarga al terreno y provocarle un asentamiento que a su vez nos ayudara a alcanzar la compacidad relativa requerida para el buen funcionamiento del sistema.

Pasos y Recomendaciones

- El llenado del tanque se hará en forma lenta y controlada. La velocidad de llenado será a razón de 30 cm de incremento de altura del agua por día.
- Se colocaran 16 bancos de nivel sobre el rodapié de concreto del tanque y 9 niveles sobre el techo de modo que coincidan con la posición de las columnas
- Los resultados de las nivelaciones se vaciaran a diario en papel milimétrico y se tendrán a la vista y actualizadas para su revisión.
- Cualquier indicativo de asentamiento diferencial tanto en el rodapié de concreto como en las columnas de soporte del techo será motivo para suspender la prueba de inmediato y dar aviso al Gerente de la Refinería.
- La magnitud de los asentamientos diferenciales permitidos se determinan en base a las recomendaciones dadas por las Normas de PEMEX.
- En caso de exceder considerablemente los asentamientos diferenciales permitidos se descargara un poco el tanque y se continuaran las nivelaciones; en cuanto se establezca la magnitud de los asentamientos se podrá continuar con la prueba.
- Una vez lograda la estabilidad del tanque se procederá a la descarga con una velocidad de 60 cm por día y se continuaran con los registros de nivelación.
- Una vez vacío el tanque se procederá a la revisión minuciosa del cuerpo del tanque, del fondo y de las columnas de soporte del techo, verificando las soldaduras de los mismos y poniendo mayor cuidado en las zonas en las cuales se hallan presentado asentamientos diferenciales críticos durante la prueba.

II.3.12. ACCESORIOS DEL TANQUE.

- Manómetro. Instrumento que nos permite conocer la presión interna del tanque a diferentes alturas.
-
- Termómetro. Sirve para medir la temperatura del producto almacenado.
- Escalera en espiral. Se ubica en la parte exterior del tanque, permitiendo la fácil lectura de los manómetros y termómetros.
- Escalera de pasa mano. Ubicada en el interior del tanque y permite realizar inspecciones en estado vacío.

- Pasarela. Es un pasillo con barandal que nos permite caminar sobre el techo del tanque
- Drenaje. Sistema que permite vaciar el tanque sin necesidad de utilizar un sistema de bombeo.
- Nivel. Indicador ubicado en la envolvente que funciona en coordinación con un flotador para señalar el nivel del líquido contenido.
- Venteo. Tubo con codo de 180° que permite la eliminación de gases tóxicos e inflamables que se forman en el interior del tanque.
- Equipo contraincendios. Aspersores, válvulas de seguridad y arrestador de flama.
- Entrada de hombre. Son accesorios que son indispensables para tanques y recipientes cerrados; para permitir la inspección, reparación y limpieza del interior del tanque e incluso su corrosión

Estas pueden estar localizadas en el techo o bien en la envolvente del tanque o en ambos lugares. Las entradas de hombre ubicadas en la envolvente tienen la ventaja de permitir un acceso mas fácil sin tener que utilizar escaleras para llegar a ellas pero, sin embargo, tienen la desventaja de que el tanque debe estar vacío para poder entrar, por ello es que se utilizan con mayor frecuencia las entradas de hombre en el techo.

- Boquillas. Son orificios de forma circular que se hacen en la envolvente para conectar las tuberías de carga y descarga del tanque. Estos orificios deben ser reforzados con otra placa para absorber los esfuerzos que son inducidos por la presión del líquido contenido en el momento de cargar o vaciar el tanque. Frecuentemente las boquillas para carga y descarga se ubican en la parte inferior de la envolvente para aprovechar los beneficios de la gravedad en el momento de la descarga.
- Dique. El dique es una estructura de apoyo del tanque de almacenamiento la cual esta enfocada a proporcionar seguridad al resto de la planta en caso de accidente.

El dique protegerá y aislara al mismo tiempo, y en caso de que ocurra un derrame de producto, o en el mas desfavorable de los casos ocurriera un incendio poder proteger las demás instalaciones cercanas al tanque.

El dique debe ser capas de contener la capacidad total para su buen funcionamiento: los cuales se enumeran a continuación:

1. Escaleras. Para que el personal pueda tener un fácil acceso a el tanque y desarrolle sus actividades, o en caso de derrame pueda salir con mayor rapidez.

2. Registros
- 3 Para la captación del líquido en caso de derrame
4. Tuberías
5. Estas se encuentran conectadas a los registros.
6. Válvulas. Para el control de las tuberías.

II.4. METODO CONSTRUCTIVO.

PARTIDA	DESCRIPCION DEL CONCEPTO
1	Limpieza en áreas urbanas o urbanizadas y trabajos topográficos.
2	Demoliciones con herramienta manual.
3	Excavaciones para estructuras, tuberías de proceso, drenajes y canales. Excavación en zanja con herramienta manual y/o equipo (vol. Medio en banco)
4	Cargas, acarreo y traspaleos con herramienta manual (vol. Medio suelto)
5	Terraplenes, rellenos y ademes rellenos con herramienta manual
6	Elaboraciones de concretos hidráulicos, agregado máximo 19 mm, cemento normal, FC = 100 kg/cm ² , FC = 200 kg/cm ² , FC = 250 kg/cm ²
7	Vaciados con botes o carretilla, acarreo hasta 50 m. En: plantillas y firmes con espesores de: 5 cm y 10 cm
8	Construcción de muros perimetrales de altura hasta 2m.
9	Cimbrados
10	Construcción de muros de registros con profundidad de hasta 2m y espesor de hasta 15 cm.
11	Construcción de losas y trabes complementarias, con peralte de 12 cm
12	En registros y ductos: habilitado y colocación de acero FY = 4000 kg/cm ²
13	Habilitado y colocación de acero de refuerzo FY = 4200 kg/cm ²
14	Habilitado y colocación de malta de acero tipo 66 - 66 y todos los herrajes necesarios.
15	Montaje de estructuras metálicas hasta 14 m de altura
16	Herrajes y rejillas tipo Irving IS - 05 para pasillos plataformas y solera de carga.
17	Ductos de concretos elaboración y vaciado de concreto para ductos eléctricos de FC = 150 kg/cm ²

18	Recubrimientos y acabados en superficie metálicas. Aplicados con brocha o por aspersión. RA - 26 epoxico altos solidos, aplicado por aspersión. Dos capas de 0.127 mm (0.005 ") c/u interior del tanque
19	manejo e instalación lateral de agitadores mecánicos, tipo propela marina, a ser instalado en brida de 30" de diam. Y boquilla de 10" de diam., especificación particular OP - 1
20	Acarreo de material producto de demolición a 10 km subsecuentes
21	Recubrimiento primario en superficie metálica aplicado con brocha o por aspersión, RP - 46 inorgánico de zinc autocurante en una capa de 0.076 mm (0.003")
22	Relleno de mortero grout con estabilizador de volumen integrado en interior de camisa para paso de tubería
23	Relleno compactado al 85% con control de laboratorio para generar el doble fondo en el tanque
24	Vaciado de concreto en pisos del interior del dique
25	Camisas (cédula 40) trazo, corte, colocación, fijación de camisas de tubo de acero con anclas soldadas a través de secciones de concreto. (incluye suministro de camisa)
26	Suministro e instalación de cople flexible APE de 19 mm de diámetro (hembra - macho)
27	Suministro e instalación de reflectores
28	Suministro e instalación de conector mecánico para dos cables
29	Suministro e instalación de cople para tubería de 38 mm de diámetro.
30	Suministro y colocación de partes eléctricas con prueba
31	Suministro, manejo y tendido de tubería Ac. C. ASTM A - 53 GRB sin costura, extremos biselados, 6" de diámetro
32	Suministro, manejo y tendido de tubería Ac. C. ASTM - A 53 GRB sin costura, extremos biselados 2 1/2" diámetro
33	Suministro, manejo y tendido de tubería Ac. C. ASTM - A 53 GRB sin costura, recta de acero al carbón, para armado en taller 3" diámetro
34	Suministro, manejo y tendido de tubería Ac. C. ASTM - A 53 GRB sin costura, recta de acero al carbón, para armado en taller 4" diámetro
35	Suministro, manejo y tendido de tubería Ac. C. ASTM - A 53 GRB sin costura, recta de acero al carbón, para armado en taller 6" diámetro
36	Suministro, manejo e instalación de válvula de mariposa de construcción estándar para servicio de agua. Operación manual de 4" de diámetro (102 mm)

37	Suministro, manejo e instalación de válvula de compuerta bridada clase 150 ANSI, vástago descendente extremo brida 3" de diámetro (176 mm)
38	Suministro, manejo e instalación de válvula de compuerta bridada, clase 150 ANSI, bonete bridada 6" de diámetro (152 mm)
39	Suministro, manejo e instalación de válvula de compuerta de embutir para soldar o roscada, asientos renovables, bonete bridada, vástago ascendente, cuña sólida 1" de diámetro (25 mm)
40	Corte y biselado en tuberías de acero al carbón de 3", 4" y 6" de diámetro
41	Pruebas hidrostática y neumáticas en tuberías de acero de servicio, sosteniendo la presión proyectada durante 24 horas hasta 20 m de altura cada 3 tuberías. Idem Para todas las tuberías
42	Interconexión de tuberías de proyecto con tuberías ya existentes
43	Limpieza con chorro de arena a metal blanco de estructura ligera
44	Aplicación de recubrimientos primarios a superficies metálicas
45	Aplanados y perfilados de mortero refractario y yeso aplanados en el sótano
46	Tapas, rejillas y coladeras pluviales. Fabricación de sellos hidráulicos según norma del IMP
47	Juntas de construcción de celotex impregnado con asfalto num 12
48	Instalación de tuberías conduit: metálicas, de asbesto - cemento o PVC.
49	Instalación de cajas conduit: caja de registro serie agua tipo y serie BC, L - 26 Tamaño 19 mm (3/4")
50	Instalación de accesorios para cajas conduit. Conectores de glándula macho
51	Instalación de accesorios para cajas conduit. Tuercas de unión macho
52	Instalaciones para sistemas de tierra, tendido de cable cobre desnudo, semiduro
53	Instalación de barrenadas ramset o similar en elementos de concreto hasta 2 m de altura
54	aplicación de los recubrimientos finales
55	Pintura de detalle e información

CAPITULO III.

MATERIALES PRIMARIOS.

MATERIALES ESPECIALES.

ACABADOS.

METODOS.

IMPACTO AMBIENTAL

CAPITULO III. SISTEMAS DE PROTECCION Y NORMATIVIDAD

Los sistemas de protección contra el intemperismo, son aquellos elementos, que se utilizan para dar una capa temporal a las superficies exteriores e interiores de todo tipo de tanques, incluso para cualquier estructura metálica, de concreto o de madera; esto después del samblaseado, y que da con esto la protección contra los elementos ambientales, en lo que se aplica el anticorrosivo que le corresponda

Estos se pueden clasificar en:

- Materiales primarios.
- Materiales especiales.
- Acabados.

III.1. MATERIALES PRIMARIOS.

Es un material que tiene como características principales el adherirse físicamente a un metal u oxidación del mismo y cuyos componentes principales son: oxido de fierro y oxido de zinc, los cuales facilitan la estabilización de la oxidación presente en el metal.*

El primario no esta formulado para proteger al sustrato del medio ambiente.

III.1.1. PRIMARIO DE MÍNIMO ALQUIDALICO. RP-1.-74

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario basado en oxido de plomo y resina alquidalica a partir de aceite de linaza.
- Características. Tiene buenas características anhibidoras de la corrosión por su resistencia al intemperismo en ambientes seco y húmedo sin salinidad.
- Uso. Se usara sobre superficies metálicas limpiadas con sistema manual. Se aplicara en superficies donde no pueda usarse chorro de arena.
- Aplicación. En lugares bien ventilados, por aspersion o brocha de pelo. Se recomienda como mano de taller. Adelgazadores adecuados: gas o nafta o aguarrás.

* DUPONT. "Catálogo de Productos", pp 3

- Acabado. En caso de ser necesario se usará un acabado basado en esmalte alquídico exclusivamente, RA-20.
- Rendimiento práctico promedio: 10 m²/lt a 0.0015".

III.1.2. PRIMARIO DE CROMATO DE ZINC. RP-2-74

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario basado en cromato de zinc, óxido de hierro y resina vinil-alquídica.
- Características. Tiene excelentes características inhibitorias a la corrosión en ambiente húmedo sin salinidad.
- Uso. Se usará sobre superficies metálicas limpiadas con chorro de arena tipo comercial. En los casos en que no se pueda efectuar esta, se podrá usar sobre superficies limpiadas por métodos manuales.
- Aplicación. En lugares bien ventilados por aspersion o brocha de pelo. Deberá usarse como adelgazador una mezcla de 25% de xilol y 75% de metil-isobutil ectona; no deberá usarse gas nafta.
- Acabado. Se usará un acabado esmalte alquídico, el que deberá ser aplicado antes de 72 horas RA-20.
- Rendimiento práctico promedio: 12 m²/lt a 0.0015".

III.1.3. PRIMARIO DE ZINC 100% INORGÁNICO TIPO POSTCURADO. RP- 3-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario 100% inorgánico de zinc cuyo "curado" o insolubilización se efectúa por medio de una solución curadora ácida, aplicada posteriormente.
- Características. Es sumamente duro y resistente a la abrasión, a los ambientes: húmedo y salino, marino, a los destilados tratados y a los aromáticos.
- Usos. Se usará sobre superficies metálicas de hierro o acero limpiadas con chorro de arena a metal blanco; se puede usar solo, sin acabado y como primario de un sistema, dependiendo de las condiciones ambientales.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersion. No deberá usarse adelgazador.

- Acabado. Se pueden usar los siguientes acabados: epoxico catalizado, vinilico altos sólidos y vinil acrilico RA-21, RA-22 y RA 25, respectivamente. Este ultimo previa aplicacion de enlace vinil epoxico modificado, para el caso de cascos de embarcaciones
- Rendimiento practico promedio. 5 m²/lt a 0 0025' -0 003''

Nota. Este producto esta formado por materiales de dos tipos:

TIPO 1. Revestimiento de zinc (liquido y polvo en envases separados).

TIPO 2. Solución curadora, la que deberá ser proporcionada en envase de plástico.

El revestimiento (Tipo 1) consistirá de una mezcla de polvo fino de zinc y minio y un vehículo de silicato inorgánico, envasados por separado. El polvo y liquido contenidos en los envases en las cantidades adecuadas formaran. Al ser mezclados, el revestimiento listo para su uso. La solución liquida curadora (Tipo 2), contendrá un colorante fugaz a la luz, que desaparecerá al cabo de 30 minutos de exposición a los rayos directos del sol y se deberá aplicar entre 2 y 4 horas después de aplicado el revestimiento Tipo 1.

A las 24 horas después de aplicada la solución curadora, se deberá lavar perfectamente la superficie con agua dulce, limpiando con cepillo de raíz.

III.1.4. PRIMARIA DE ZINC 100% INORGÁNICO TIPO AUTOSECANTE. RP-4-74

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario 100% inorgánico de zinc cuyo curado o insolubilización se obtiene por sí mismo, sin requerir de ninguna solución que se aplique posteriormente.
- Características. Es sumamente duro y resistente a la abrasión, con excelente resistencia a la mayoría de los solventes, a los ambientes húmedo, salino y marino. Se considera que la vida de este recubrimiento es menor que la del postcurado; sin embargo, se recomienda para instalaciones expuestas a un alto porcentaje de humedad, a salpicaduras y brisamarina al aplicarse.
- Usos. Este primario deberá aplicarse sobre superficies metálicas de hierro o acero limpiadas previamente con chorro de arena a metal blanco. Se usa como primario de un sistema, dependiendo de las condiciones ambientales.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. No deberá usarse adelgazador.
- Acabado. Se pueden usar los siguientes acabados: epóxico catalizado y vinilico altos sólidos, RA-21 y RA-22 respectivamente.

- Rendimiento practico promedio. 5 m²/lt a 0.0025''-0.003''

Nota. Este primario consistirá de una mezcla de polvo fino de zinc y minio y un vehículo de silicato inorgánico cuyas propiedades para el autocurado están incluidas en dichos componentes, envasados por separado. Las cantidades adecuadas de pigmento y vehículo contenidas en los envases, al mezclarse formaran el primario listo para su uso.

A las 24 horas después de aplicado el recubrimiento se deberá lavar perfectamente la superficie con agua dulce, limpiando con cepillo de raíz.

III.1.5. PRIMARIO DE ALQUITRÁN DE HULLA-EPÓXICO CATALIZADO. RP- 5-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario compuesto de alquitrán de hulla, resinas epoxicas, pigmentos inertes y un reactivo químico que se envasa por separado. Estos deberán mezclarse inmediatamente antes de la aplicación, y tendrán una vida de aplicación de 7 horas a temperatura ambiente.
- Características. Tiene un alto contenido de sólidos por volumen y dejara una película dura resistente al agua salada, agua cruda, petróleo crudo y combustible para inmersión continua a una temperatura máxima de 70° C.
- Usos. El producto esta formulado para aplicarse sobre superficies metálicas previa limpieza con chorro de arena tipo comercial.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. Adelgazadores adecuados: Tuluol o Xilol.
- Acabado. Se usara el mismo producto, el que deberá aplicarse entre 4 y 12 horas después de la primera mano.
- Rendimiento practico promedio. 4 m²/lt a 0.006''-0.008''.

Nota. Se proporciona en dos envases por separado: un componente epóxico (Tipo 1) y un reactivo químico (Tipo 2) en envase de plástico.

La proporción de mezcla deberá ser de 19 partes del componente epóxico y 1 de reactivo.

III.1.6. PRIMARIO EPOXICO CATALIZADO. RP-6-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un principio basado en resinas epoxicas (Componente Tipo 1) y que endurece por adición de un reactivo químico de resinas poliámidas (Componente Tipo 11), envasados por separado.
- Características. Posee excelentes propiedades de adherencia, humectación y resistencia al ambiente húmedo y salino con gases derivados del azufre y a los destilados sin tratar, pero su resistencia a los aromáticos es pobre.
- Usos. Este producto se usara sobre superficies metálicas de hierro y acero, previa limpieza con chorro de arena tipo comercial
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersion. Su periodo de secado es de 7 horas máximo a temperatura ambiente una vez mezclados los componentes. Adelgazador recomendado. Mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xilol en volumen.
- Acabado. Como acabado se usaran epóxico catalizado, RA-21 y epóxico catalizado altos sólidos, RA-23 exclusivamente, los cuales se deberán aplicar entre 14 y 24 horas después de aplicado este primario.
- Rendimiento practico promedio. 6 m²/lt a 0.002".

Nota. La porción de la mezcla deberá ser de 4 partes de componente epóxico y 1 de reactivo.

III.1.7. PRIMARIO VINIL EPÓXICO MODIFICADO. RP-7-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un primario a partir de pigmentos inhibidores de plomo, oxido de hierro, inertes y un vehículo vinílico con modificación epoxi-fenolica. Se proporciona en envases listos para usarse.
- Características. Tiene una excepcional adherencia, una gran compatibilidad con diversos recubrimientos, excelente capacidad para detener la corrosión bajo película; resistente al ambiente húmedo y salino con gases derivados del azufre e inmersión en agua potable.
- Usos. Se usara sobre superficies metálicas de hierro y acero, limpiadas con chorro de arena comercial. Sin los pigmentos inhibidores se usa como de liga o eniace para exteriores de cascos de embarcaciones.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersion, adelgazador adecuado: mezcla de 60% de metil isobutil cetona y 40% de xilol en volumen.

del uso, las resinas a combinar pueden ser alquildazas, acrílicas y cerámicas. Los recubrimientos de altas temperaturas son diseñados para impartir colores al sustrato y se usan en procesos y operaciones tales que involucren líneas de vapor, cambiadores de calor, calderas y chimeneas.

RECUBRIMIENTO EPÓXICO.

Es un recubrimiento de dos componentes que se emplea para proteger superficies de acero que están expuestas a una inmersión continua en agua salada o en agua dulce, o bien a ambientes sumamente húmedos. Tiene un acabado semibrillante y se puede aplicar con brocha, rodillo o pistola. Posee excelente resistencia a los ácidos, álcalis, agua, humedad, sales, solventes (exceptuando los aromáticos) y a las condiciones climatológicas.

RECUBRIMIENTO ANTIVEGETATIVOS.

Es un recubrimiento Antivegetativo sobre la base de óxido cuproso que se utiliza para prevenir la fijación de caracoles, moluscos o cualquier otro animal marino sobre las superficies de los cascos de las embarcaciones. Tiene un acabado mate y puede ser aplicado con brocha o rodillo, sin dilución, o bien por aspersión con reductor compatible hasta un 10% para mantenimiento industrial.

III.2.1. RECUBRIMIENTO PARA ALTAS TEMPERATURAS. RE- 30-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a tres recubrimientos, el primero de ellos Tipo "Y" con un vehículo basado en resina de cumarona y aceite de linaza, pasta de aluminio y sílica coloidal. En los otros dos tipos "B" y "C", el vehículo es basado en resina de silicón 100% sin modificar y pigmentos de aluminio en pasta, los cuales deberán ser curados según la tabla de temperaturas correspondiente.
- Características. Proporciona un acabado brillante, tienen excelente resistencia a temperaturas continuas de acuerdo con la siguiente tabla.

TIPO A	Hasta 260° C
TIPO B	de 260° c hasta 400° C
TIPO C	De 400° C hasta 500° C

- Acabado. Se usan acabados vinílicos exclusivamente. Cuando se utilice como enlace o capa de liga sobre primarios de inorgánico de zinc, se usan acabados vinílicos, vinil-acrílicos o antivegetativos, RA-22, RA-25 y Re-31 respectivamente.
- Rendimiento practico promedio. 7 m²/lt a 0.001''-0.0015''.

III.1.8. PRIMARIO EPÓXICO CATALIZADO PARA TURBOSINA. RP- 8-74.

- Generalidades. Esta especificación de refiere a un primario basado en resinas epoxicas, (Tipo 1) y que endurece por adición de un reactivo químico de resinas poliámídicas (Tipo 11) envasados por separado, en proporción de 4 a 1 en volumen.
- Características. Posee excelentes propiedades de adherencia, humectación y resistencia a la turbosina.
- Usos. Este producto se usara sobre superficies metálicas de hierro y acero limpiadas con chorro de arena a metal blanco.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersion. Debe aplicarse entre una y ocho horas después de efectuada la mezcla. Adelgazador recomendado: mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xilol, en volumen.
- Acabados. Se usara únicamente acabado epóxico catalizado para turbosina, cuya mano deberá aplicarse entre las 4 y 24 horas después de aplicado este primario.
- Rendimiento practico promedio. 6 m²/lt a 0.002''.

III.2. MATERIALES ESPECIALES.

RECUBRIMIENTO PARA ALTA TEMPERATURA.

Son recubrimientos diseñados para usos en operaciones que excedan los 200° C. Usualmente se basan en silicones reactivos al calor que se pueden combinar con otras resinas para proporcionar otras propiedades. De la línea para mantenimiento industrial se tienen dos disponibles: el 80-787 que resiste temperaturas de hasta 240° c y el 612-06211 diseñado para temperaturas de hasta 540° c dependiendo

¹ PETROLEOS MEXICANOS, "Sistemas de Protección anticorrosiva", 1 Ed., Taller Gráfico de Petróleos, México, 1972. 73 y 75

del uso, las resinas a combinar pueden ser alquídicas, acrílicas y cerámicas. Los recubrimientos de altas temperaturas son diseñados para impartir colores al sustrato y se usan en procesos y operaciones tales que involucren líneas de vapor, cambiadores de calor, calderas y chimeneas

RECUBRIMIENTO EPÓXICO.

Es un recubrimiento de dos componentes que se emplea para proteger superficies de acero que están expuestas a una inmersión continua en agua salada o en agua dulce, o bien a ambientes sumamente húmedos. Tiene un acabado semibrillante y se puede aplicar con brocha, rodillo o pistola. Posee excelente resistencia a los ácidos, álcalis, agua, humedad, sales, solventes (exceptuando los aromáticos) y a las condiciones climatológicas.

RECUBRIMIENTO ANTIVEGETATIVOS.

Es un recubrimiento Antivegetativo sobre la base de óxido cuproso que se utiliza para prevenir la fijación de caracoles, moluscos o cualquier otro animal marino sobre las superficies de los cascos de las embarcaciones. Tiene un acabado mate y puede ser aplicado con brocha o rodillo, sin dilución, o bien por aspersión con reductor compatible hasta un 10% para mantenimiento industrial.

III.2.1. RECUBRIMIENTO PARA ALTAS TEMPERATURAS. RE- 30-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a tres recubrimientos, el primero de ellos Tipo "Y" con un vehículo basado en resina de cumarona y aceite de linaza, pasta de aluminio y sílica coloidal. En los otros dos tipos "B" y "C", el vehículo es basado en resina de silicón 100% sin modificar y pigmentos de aluminio en pasta, los cuales deberán ser curados según la tabla de temperaturas correspondiente.
- Características. Proporciona un acabado brillante, tienen excelente resistencia a temperaturas continuas de acuerdo con la siguiente tabla:

TIPO A	Hasta 260° C
TIPO B	de 260° c hasta 400° C
TIPO C	De 400° C hasta 500° C

- Usos. Se aplicara sobre superficies metalicas de hierro y acero previa limpieza

TIPO A	Manual
TIPO B	Chorro Arena Comercial
TIPO C	Chorro Arena Metal Blanco

- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. No deberá usarse adelgazador.
- Rendimiento practico promedio 10-15 m²/lt a 0.001''

III.2.2. RECUBRIMIENTO ANTIVEGETATIVO. RE- 31-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a dos recubrimientos antivegetativos El primero de ellos Tipo "A", con un vehículo basado en resinas vinílicas y un pigmento tóxico de oxido cuproso. Tipo "B", con un vehículo basado en alquitrán de hulla, brea, aceite de pino y un pigmento tóxico de cobre metálico.
- Características. Tipo "A", proporciona un acabado duro, de textura fina, con excelentes propiedades tóxicas que impiden el desarrollo de organismos en superficies en inmersión continua en agua. Tipo "B", proporciona un acabado terso, con excelentes propiedades tóxicas y de adhesión sobre cualquier tipo de superficie. Impide el desarrollo de organismos durante periodos de 18 meses en superficies en inmersión continua en agua.
- Usos. Tipo "A". Se aplicara sobre un sistema de una mano de primario, inorgánico de zinc postcurado, RP-3 y dos manos de enlace vinil epóxico modificado, RP-7.

Tipo "B". Se aplicara sobre un sistema anticorrosivo similar al anterior. En caso de cascos de madera y torres de enfriamiento se aplicara directamente sobre la superficie, previa limpieza de la misma.

- Aplicación. Mezcla de 60% de metil isobutil cetona y 40% de xilol, en volumen. En lugares bien ventilados y por aspersión. Se recomienda el uso de adelgazador.
- Rendimiento practico promedio.
- Tipo A, 10 m²/lt a 0.002''.
- Tipo b, 8 m²/lt a 0.002''

III.3. ACABADOS.

Estos son materiales que tienen como característica principal proteger al material primario del medio ambiente.

Son productos sintéticos (compuestos orgánicos) con permeabilidad baja y poco reactivos frente a pH's ácidos o alcalinos. Tiene propiedades de dureza muy alta comparados con algunos plásticos. Son tersos, brillantes, etc

III.3.1. ESMALTE ALQUIDÁLICO BRILLANTE. RA- 20-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de acabado basado en resina alquidámica y pigmentos.
- Características. Es duro, muy brillante, su adherencia y humectación son buenas, pero su resistencia al intemperismo es pobre. No resiste ácidos ni solventes. Se utiliza en ambientes secos y húmedos sin salinidad.
- Usos. Se usa exclusivamente sobre cualquiera de los siguientes primarios: minio alquidámico y cromato de zinc. RP-1 y RP-2, respectivamente. Su uso básico es como esmalte para maquinaria y equipo.
- Aplicación. En lugares bien ventilados, por aspersion o brocha de pelo. Se recomienda el uso de adelgazador, tales como: gas nafta o aguarrás.
- Rendimiento practico promedio. 8 m²/lt a 0.0015".

III.3.2. ACABADO EPÓXICO CATALIZADO. RA- 21-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de acabado basado en resinas epoxicas, pigmentos colorantes e inertes (Tipo 1) y que endurece por adición de un reactivo químico de resinas poliámídicas (Tipo 2) envasados por separado, en proporción de 2 a 1 en volumen.
- Características. Proporciona un acabado brillante, duro y con resistencia excelente a las condiciones de exposición en ambiente húmedo y salino, con gases derivados del azufre y ambientes marinos (no inmersión). En exposiciones exteriores puede "calear".
- Usos. Este producto se usara sobre los siguientes primarios: RP-3, RP-4 y RP-6, inorgánico de zinc postcurado, autocurante y epóxico catalizado, respectivamente.

- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. Debe aplicarse entre una y ocho horas después de efectuada la mezcla. Deberá dejarse un tiempo mínimo de 4 horas y máximo de 24 horas entre la aplicación de la primera y la segunda mano. Adelgazador recomendado: mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xilol, en volumen.
- Rendimiento práctico promedio. 5 m²/lt a 0.002''

III.3.3. ACABADO VINÍLICO DE ALTOS SÓLIDOS. RA- 22-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de altos sólidos basado en resinas virulicas, plastificantes, pigmentos colorantes, inertes y solventes.
- Características. Forma una película mate, dura, de alta resistencia mecánica y con una excelente resistencia a las condiciones de exposición en ambientes húmedo y salino, húmedo y salino con gases derivados del azufre, ambiente marino y exposición del agua potable.
- Usos. Este producto se usará sobre los siguientes primarios: RP-3, RP-4 y RP-7, inorgánico de zinc postcurado, autocurante y vinil epóxico modificado respectivamente.
- Aplicación. Este producto se aplicará exclusivamente en lugares bien ventilados y se hará por aspersión. Se hará uso de adelgazador, recomendando: una mezcla de 60% de metil isobutil cetona y 40% de xilol, en volumen.
- Rendimiento práctico promedio. 3.5 m²/lt a 0.003''.

III.3.4. ACABADO CATALIZADO PARA TURBOSINA. RA- 23-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de acabado de altos sólidos basado en resinas epoxicas, solventes y pigmentos, (Componente 1), y que endurece por adición de un reactivo químico de resinas poliámídicas, solventes y pigmentos reforzantes (Componente 2), envasados por separado, en proporción de 2 a 1 en volumen.
- Características. Proporciona un acabado duro y con una resistencia excelente a la inmersión continua en turbosina.
- Usos. Este producto se usará sobre el primario epóxico para turbosina, RP-S.

- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. Deberá aplicarse entre una y ocho horas después de efectuar la mezcla. La superficie de recubrimiento deberá usarse transcurridos 7 días después de la aplicación. Se hará uso de adelgazador, recomendando mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xilol en volumen.
- Rendimiento práctico promedio. 3 m²/lt a 0.006''.

III.3.5. ACABADO FENÓLICO DE ALUMINIO. RA- 24-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento basado en resinas fenólicas, aceites de alta polimerización, aceite de linaza y pasta de aluminio. Deberá prepararse en proporción de un litro de vehículo cada 242 gramos de pasta. El vehículo y la pasta deberán proporcionarse en envases separados.
- Características. Es un acabado brillante, con muy buen poder de reflexión del calor, se emplea en ambientes secos y húmedos sin salinidad.
- Usos. Se deberá usar sobre los primarios RP-1 o RP-2, minio alquidálico o cromato de zinc, respectivamente.
- Aplicación. Se deberá de aplicar en lugares bien ventilados, por aspersión o brocha de pelo. Se deberá utilizar en las primeras 24 horas después de mezclar la pasta y el vehículo. La aplicación sobre los primarios mencionados, se deberá hacer después de 24 horas de aplicado el primario. Se hará uso de adelgazador, recomendando: mezcla de 85% de gas nafta y 15 de xilol, en volumen.
- Rendimiento práctico promedio. 20 m²/lt a 0.0015''.

III.3.6. ACABADO VINIL-ACRILICO. RA- 25-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un acabado de base vinil acrílica, pigmentos, plastificantes y solventes.
- Características. Es semibrillante, con excelente retención del color, resistente a la abrasión, al intemperismo en ambientes húmedos con y sin salinidad, a inmersión continua en agua salada y a salpicaduras de ácidos y álcalis. No resiste solventes aromáticos, tales como benceno, tolueno, xileno, etc.
- Usos. Deberá usarse sobre un sistema formado por el primario RP-3 y el enlace RP-7, inorgánico de zinc postcurado y enlace vinil epóxico modificado respectivamente, se usara en embarcaciones e instalaciones marinas.

- Aplicación. En lugares bien ventilados por aspersión. Se hará uso de adelgazador, recomendando mezcla de 60% de metil isobutil cetona y 40% de xilol, en volumen.
- Rendimiento practico promedio 5 m²/lt a 0.015''.

III.3.7. ACABADO EPÓXICO CATALIZADO DE ALTOS SÓLIDOS. RA-26-74.

- Generalidades. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de acabado de altos sólidos basado en resinas epoxicas, solventes y pigmentos (Componente 1), y que endurece por adición de un reactivo químico de resinas poliámídicas, solventes y pigmentos reforzantes (Componente 2), envasados por separado, en proporción de 2 a 1 en volumen.
- Características. Proporciona un acabado duro y con resistencia excelente a la inmersión continua en destilados sin tratar. Se emplea también para recubrir el interior de tanques de carga de embarcaciones.
- Usos. Este producto se usara sobre el primario RP-6, epóxico - catalizado.
- Aplicación. En lugares bien ventilados y por aspersión. Deberá aplicarse entre una y ocho horas después de efectuada la mezcla. La superficie recubierta deberá usarse transcurridos 7 días después de la aplicación. Se hará uso de adelgazador, recomendando: mezcla de 80% de metil isobutil cetona y 20% de xilol en volumen.
- Rendimiento practico promedio. 3 m²/lt a 0.006''.

III.4. MÉTODOS.

III.4.1. PODER CUBRIENTE.

- 1) Objetivo. El poder cubriente representa la superficie en metros cuadrados que puede ser cubierta con un litro de recubrimiento, en tal forma que desaparezca cualquier contraste cuando se aplica sobre un vidrio que en reverso tiene alternadamente franjas y negras. La prueba debe efectuarse conforme al procedimiento que se describa a continuación.
- 2) Procedimiento. Esta prueba se debe efectuar con el recubrimiento sin diluir, tal y como se recibe del fabricante; previamente debe ser perfectamente homogeneizado. Para la prueba, póngase un poco de recubrimiento sobre una

¹ PETROLEOS MEXICANOS. "Sistemas de Protección Anticorrosiva". Primera Edición, Taller Gráfico de Petróleos, México 1972. Pp73 y 75

placa de vidrio con franjas o cuadros blancos y negros en el reverso. Con el aplicador que corresponda al poder cubriente especificado para el recubrimiento en cuestión, trácese una película de espesor uniforme. Observe el contraste a través del recubrimiento entre el fondo negro y blanco. En un caso que no se note ningún contraste, el recubrimiento pasa la prueba. La observación se debe hacer con iluminación superior y cuando el recubrimiento se encuentra aún fresco.

- 3) Reporte. Se debe reportar únicamente si el recubrimiento pasa o no el poder cubriente especificado.

III.4.2. APLICACIÓN Y APARIENCIA.

- 1) Objetivo. Comprobar si los recubrimientos pueden ser aplicados satisfactoriamente, tanto por lo que respecta a la facilidad en su aplicación, como a la apariencia de la superficie recubierta.

- 2) Procedimiento. Para ésta prueba, el recubrimiento debe ser homogeneizado perfectamente y, en caso necesario, diluido con un solvente compatible. La aplicación se puede hacer con brocha de pelo o aspersión, según se indica en las especificaciones, conforme a las siguientes instrucciones:

- a) Con brocha de pelo. Aplíquese el recubrimiento con brocha, sobre una lamina de acero de 10 x 20 cms. que previamente haya sido limpiada de cualquier capa de óxido o de aceite. La lamina se debe colocar en posición vertical durante la prueba. Dense brochazos verticales hasta que la lamina haya sido completamente cubierta, y después emparejese con brochazos horizontales.

Obsérvese si el recubrimiento se aplica sin dificultad con la brocha; una vez que haya secado, obsérvese si la superficie presenta un aspecto uniforme, libre de huellas de brocha o seriales de recubrimiento. En caso satisfactorio se considerara que el recubrimiento pasa la prueba.

- b) Aspersión. Aplíquese el recubrimiento diluido, con el solvente adecuado por aspersión, sobre una lamina de acero de 10 x 20 cms. previamente limpiada y colocada a 60° con respecto a la horizontal. Manténgase la placa en esa posición y obsérvese una vez seca si la superficie recubierta es uniforme y no muestra huellas de escurrimiento. En caso satisfactorio se considerara que el recubrimiento pasa la prueba.

- 3) Reporte. Se deberá reportar únicamente, si el recubrimiento pasa o no la prueba.

III.4.3. COMPATIBILIDAD.

- 1) Objetivo. Verificar si un recubrimiento puede ser diluido con el adelgazador propuesto sin que se corte o presente problemas de mezclado
- 2) Procedimiento. Mézclase lentamente, agitando el recubrimiento, tal y como se recibe del fabricante con el solvente recomendado en la especificación, en proporción de uno a uno en volumen.

III.4.4. FLEXIBILIDAD Y ADHERENCIA.

- 1) Objetivo. Comprobar si el recubrimiento tiene buena adherencia sobre la superficie en que se va aplicar y además, si es suficientemente flexible en las condiciones de prueba.
- 2) Preparación de las muestras. Aplíquese el recubrimiento sobre una lamina de 10 x 20 cms , teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:
 - Método de limpieza.
 - Método de aplicación.
 - Tiempo y temperatura de secado.
 - Espesor de la película seca.
- 3) Procedimiento.
 - Flexibilidad. Una vez que la lamina ha sido preparada, dóblese sobre un mandril del diámetro que se señale en la especificación respectiva de cada recubrimiento. El recubrimiento no debe mostrar grietas en la parte flexionada.
 - Adherencia. Una vez que la lamina ha sido preparada, hágase la prueba con el aparato Gardner No. SC-1605 ó similar.
- 4) Se deberá hacer los reportes de la prueba realizada.

III.4.5. RESISTENCIA A LA GASOLINA.

- 1) Objetivo. Aplicar en los esmaltes para tambores con el objeto de comprobar la resistencia a la gasolina en las condiciones que se señalan en el procedimiento.
- 2) Procedimiento. Aplíquese el recubrimiento por aspersion sobre una lamina de 10 x 20 cms. perfectamente limpia y déjese secaren las condiciones que se señala la especificación. Compruébese que la película del recubrimiento tiene un espesor de un milésimo de pulgada como mínimo.

- a) Prueba de inmersión. Colóquese la lamina recubierta en un vaso que contenga gasolina blanca el tiempo que señala la especificación. Sáquese la lamina y 2 horas despues, obsérvese que la superficie del recubrimiento no presente arrugas, ampollas, ni pérdida de vidrio apreciables.
 - b) Prueba de Frotación. Colóquese la lamina en una charola que contenga gasolina blanca sujetándola firmemente sobre el fondo y frótese son un fieltro cuadrado de 5 cms. de lado, sobre el cual se coloca un peso de 200 gramos. El desplazamiento del fieltro debe ser de 5 a 10 cms. y el numero de ciclos de 100 por minuto al cabo del tiempo de frotación señalado por la especificación, el recubrimiento no deberá presentar deterioro.
- 3) Los resultados de esta prueba deberán reportarse si el recubrimiento pasa o no la prueba.

III.4.6. TIEMPO DE SECADO.

- 1) Objetivo. Determinar si los recubrimientos secan en el tiempo que señalan las especificaciones, de acuerdo con cada procedimiento que se describirán más adelante.
- 2) Condiciones de las pruebas. Las pruebas se deben hacer a una temperatura de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C y una humedad relativa de $50 \pm 4\%$.
- 3) Preparación de muestras. Aplíquese el recubrimiento sobre un placa de vidrio de 10 x 20 cms., con un aplicador que proporciones un espesor de película húmeda de 3 milésimas de pulgada. Las muestras se deberán colocar en posición horizontal y si protegerán contra el polvo durante la prueba.
- 4) Procedimiento.
 - a) Secado al tacto. Se considera que la película ha secado, cuando se toca con el dedo y enseguida con el mismo se toca un pedazo de vidrio perfectamente limpio. No deberá mancharse el vidrio limpio ni se desprenderá apreciablemente el recubrimiento cuando se frota ligeramente con el dedo.
 - b) Secado duro. La película ha alcanzado el secado cuando no se desprende ni se deforma con la siguiente prueba: colóquese la muestra a una altura tal, que cuando se coloca el pulgar de la mano derecha sobre la superficie recubierta, el brazo del operador se encuentra en posición vertical desde la muñeca hasta el hombro; oprímase sobre el recubrimiento ejerciendo la presión máxima del brazo y al mismo tiempo girando el pulgar en un ángulo de 90° , sobre el plano de la película. Examínese si hay desprendimiento, arrugamiento, o cualquier otra evidencia de deformación de la película.

5) Se deberá reportar si el recubrimiento pasa o no la prueba

III.4.7. RETENCION DE TAMIZ DE 325 MALLAS.

- 1) Objetivo. Determinar el contenido de material insuficiente molido en los recubrimientos.
- 2) Equipo usado. Tamiz de 325 mallas, de 3 pulgadas de diámetro, conforme a las especificaciones ASTM E-11-61.
- 3) Procedimiento séquese el tamiz en una estufa a $115 - 110^{\circ} \text{C}$ y después que se ha enfriado pésese con aproximación de 1 miligramo.

Pesar una cantidad de recubrimiento que contenga aproximadamente 10 gr. de pigmento, dentro de un vaso de 250 ml; agregar 50 ml de kerosina y mezclar perfectamente con un agitador hasta desaparecer todos los grumos, verter el contenido del vaso a través del tamiz con ayuda de una pipeta que contenga kerosina. Lavar el tamiz con kerosina removiendo con brocha las partículas retenidas en el mismo, hasta que solo queden partículas gruesas. Lavar nuevamente con kerosina la brocha y el agitador. Finalmente lavar la kerosina del tamiz con una mezcla de 5 volúmenes de benceno, 4 volúmenes de metanol y un volumen de acetona. Póngase el tamiz en la estufa a $105 - 110^{\circ} \text{C}$ durante una hora; dejar enfriar, pesar y calcular el porcentaje de material retenido en el tamiz.

4) Se deberá reportar el porcentaje retenido en el tamiz.

III.4.8. MATERIAL VOLÁTIL.

- 1) Objetivo. Determinar el contenido de material volátil en los recubrimientos, el cual se cuantifica por la pérdida por evaporación en las condiciones señaladas en el procedimiento. En algunos recubrimientos durante el calentamiento puede hacer reacción con el oxígeno del aire, lo cual hace aumentar el peso de la materia residual y por consiguiente se tiene aparentemente menor evaporación.
- 2) Procedimiento. Pesar con aproximación de 1 mg. una cápsula de fondo plano de 10 cm de longitud. Se deberá dejar un alambre en la cápsula durante toda la prueba; se deberá poner en la cápsula 4 gramos de muestra pesar con aproximación de 1 mg; extender la muestra sobre el fondo de la cápsula con la ayuda del alambre, descrito anteriormente, calentándose durante 2.5 horas a $105 - 115^{\circ} \text{C}$; si se llegara a formar una nata durante el calentamiento, se deberá romper con la ayuda del alambre; dicha muestra se deberá calentar

nuevamente durante 30 minutos, y así, comprobando si aun hay pérdida de peso. Por ultimo se calculara el porcentaje de materia volátil en la muestra, como se indica a continuación

$$\text{Materia Volatil, \% en Peso} = (100) * (\text{Pérdida de Peso/Peso de la Muestra})$$

- 3) en el reporte se registrara solo el porcentaje de materia volátil que se haya calculado.

III.4.9. AGUA LIBRE.

- 1) Objetivo. La finalidad de este tipo de prueba, es la de determinar el contenido de agua libre en los recubrimientos y no deberá ser empleado para los recubrimientos emulsionados en agua.

- 2) Equipo usado en la prueba.

- a) Equipo de destilación, dicho equipo consiste de un matraz de fondo redondo de 250 ml, un condensador de flujo de tubo recto y una trampa recibidora graduada, como la que se especifica en el método ASTM D-95-62.

- b) Fuente de calor, esta puede ser un mechero de Bunsen de gas o una parrilla eléctrica con agitador magnético.

- 3) Procedimiento.

- a) Se deberá colocar 50 gr de muestra del recubrimiento en el matraz limpio agregando 100 ml de tolueno o de nafta de petróleo con una temperatura de ebullición entre 110° C y 120° C mezclando perfectamente, para incorporar los elementos.

- b) Se lavara superficialmente el tubo interior del condensador con un poco de tolueno o de nafta de petróleo inmediatamente antes de empezar la destilación; el procedimiento de destilación se realizara a una velocidad moderada hasta que no aumente el volumen de agua condensada en la trampa. Si se llegara a depositar agua en el tubo del condensador, se lavara con solvente. La expresión para calcular el porcentaje de peso de agua, es la siguiente:

$$\text{Agua libre, \% en Peso} = (100) * (\text{ml de agua muestreados}/50)$$

- 4) El reporte se realizara registrando el contenido de agua libre en porcentaje.

III.4.10. CONTENIDO DE PIGMENTO.

- 1) Objetivo. La finalidad de este procedimiento es la de determinar el contenido de pigmento en los recubrimientos, así como también la de separar el pigmento que posteriormente debe ser el objeto de un análisis solo si la especificación lo establece.
- 2) Procedimiento. Se colocara 15 gr de la muestra del producto, con una aproximación de 0.01 gr, esto se realizara dentro de una tubo de centrifuga de 60 ml previamente pesado; a continuación se agregara 30 ml de éter de petróleo, mezclar perfectamente con un agitador y lavar el mismo con éter de petróleo; enseguida se continuara con el proceso de centrifugación, hasta lograr un asentamiento perfecto; posteriormente se decantara el liquido, este debe estar completamente claro, repetir la extracción con 40 ml de éter de petróleo después con 40 ml de éter etílico, realizada la operación de decantación del éter etílico, se colocará el tubo encima de una estufa caliente durante 10 minutos, después calentar dentro del horno de la misma a 105° - 110° C durante dos horas; dejar enfriar y pesar. Se calculara el contenido de pigmento con la expresión siguiente:

$$\text{Contenido de pigmento, \% en Peso} = (100) * (\text{Peso del Residuo} / \text{Peso de la Muestra})$$

- 3) Se realizara el reporte, registrando el porcentaje de pigmento determinado.

III.4.11. CONTENIDO DE MINIO.

- 1) Objetivo. La única finalidad de esta prueba es la de determinar el contenido de minio que se emplea como pigmento en el recubrimiento primario de minio alquidálica.
- 2) Soluciones.
 - a) Solución para minio. Se disolverá en un vaso de 1100 ml, 600 gr. de acetato de sodio cristalizado, q.p., y 48 gr de KI q.p. (Yoduro de potasio); en 500 ml de solución de ácido acético al 25%, mezclar 150 ml de ácido glacial q.p. y 450 ml de agua destilada; calentar el vaso y el contenido en baño maría, agitando hasta que se tenga una solución clara; dejar enfriar la solución a temperatura ambiente y diluir exactamente 1000 ml con la solución de ácido acético al 25%; mezclar perfectamente para cada titulación como sigue: disolver 30 gr de acetato de sodio cristalizado q.p., y 2.4 gr de KI q.p. en 25 ml de solución de ácido acético al 25%, calentando suavemente y agitando hasta que se obtenga una solución clara; enfriar a temperatura ambiente; diluir 50 ml de la solución fría con ácido acético al 25% y mezclar perfectamente.

- b) Solución de tiosulfato de sodio 0.1 N. Se pesara 24.83 gr de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(5\text{H}_2\text{O})$ q.p (tiosulfato de sodio), este deberá estar recién pulverizado y secado en papel filtro, diluir en agua el tiosulfato de sodio a la temperatura a la que se va hacer la titulación a un volumen de 1 litro; la solución se debe preparar con agua recién hervida y libre de bióxido de carbono (CO_2) o se debe dejar en reposo de 8 a 14 días antes de su valoración; se valorara contra yodo puro resublimado o contra KIO_3 (tríóxido de yoduro de potasio) puro y calcúlese su normalidad.
- c) Solución de almidón. Para esta prueba se mezclara 2 a 3 gr de almidón con 100 ml de solución de ácido salicílico al 1%, dejar hervir la mezcla hasta que el almidón se haya disuelto y finalmente dilúyase a 1 lt.
- 3) Procedimiento. Separar el pigmento del aceite, como se indica en el método MP-11-70.

Método MP-11-70:

Se pesara 1 gr de la muestra finamente molida, póngase en un matraz Erlenmeyer de 200 ml, agregar 20 ml de agua destilada y después tan rápidamente como sea posible agregar 40 ml de la solución para minio a temperatura ambiente; si la muestra es minio, que ha sido extraído de un recubrimiento o de una pasta, en lugar de agua destilada, agregar 10 ml de una mezcla de 7 partes en volumen de cloroformo y 3 partes de volumen de acético glacial y después agréguese inmediatamente la solución para minio. Después agréguese 30 ml de agua con 5 o 6 gr de acetato de sodio y titúlese enseguida con la solución 0.1N de tiosulfato de sodio, que se agrega lentamente, al mismo tiempo que se mantiene el líquido en constante movimiento por rotación del matraz. Cuando la solución se ha puesto ligeramente amarilla, desbaratándose las partículas que no se hayan disuelto con el agitador magnético y agréguese tiosulfato de sodio hasta que se tenga un color amarillo pálido. Agréguese la solución de almidón y continúe con la adición de tiosulfato de sodio hasta que desaparezca el color azul del almidón. Nuevamente agréguese una solución valorada de yodo hasta que apenas reaparezca el color azul del almidón. Para calcular el contenido de minio se realizara con la siguiente expresión:

$$\text{Minio, \%} = ((34.3) \cdot (V_N - v_n)) / b$$

Donde:

V, Volumen de la solución de tiosulfato de sodio, en ml.

N, Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

v, Volumen de la solución de Yodo, en ml.

N, Normalidad de la solución de Yodo.

B, Peso de la muestra, en gr.

- 4) El reporte será únicamente el porcentaje de minio determinado.

III.4.12. CONTENIDO DE ANHÍDRIDO FTÁLICO.

- 1) Objetivo Tiene como finalidad determinar de anhídrido ftálico con los recubrimientos basandose en resinas alquiladizas.
- 2) Descripción del método La muestra se saponifica con solución alcohólica de KOH y benzol para precipitar cuantitativamente la sal potasica del ácido ftálico, en forma de $C_6H_4(COOK)_2C_2H_5OH$. Para eliminar las sustancias que interfieren se disuelve el precipitado en agua y se ajusta el pH a 2.5 con ácido nítrico. Después se precipita el ácido ftálico en forma de un compuesto de plomo en composición no estequiométrica y se calcula el anhídrido ftálico por medio de un factor gravimétrico obtenido con muestras de composición conocida.
- 3) Reactivos
 - a) Solución alcohólica de KOH, con 66 gr de KOH/ 1 lt.
 - b) Mezcla de alcohol y benzol, en proporción de 1 volumen de alcohol y 3 volúmenes de benzol.
 - c) Solución de acetato de plomo con 25 gr de acetato trihidratado que se diluyen a 100 ml con ácido glacial.
 - d) Ácido nítrico, diluido a 1:3.
- 4) Procedimiento.
 - a) Pesar por diferencia en un recipiente cerrado, y dentro de un matraz Erlenmeyer de 500 ml una cantidad de muestra que produzca entre 0.8 y 1.2 gr de ftalato alcohólico de potasio. Agregar 150 ml de benzol y caliéntese ligeramente en un baño de agua maría para disolver completamente la muestra. Agregar 60 ml de la solución alcohólica de KOH y conéctese el condensador de reflujo del matraz y manténgase igual que la del contenido del matraz y manténgase la temperatura a 40° C durante una hora. A continuación, elevar la temperatura gradualmente hasta que hierva la solución alcohólica y mantégase a reflujo 1.5 horas.
 - b) Quitar el matraz del baño maría y enjuáguese el interior del tubo condensador con un poco de la mezcla alcohol – benzol. Quitar el condensador, tapar el matraz con un tubo de cal – soda y enfriar con agua o hielo.
 - c) Una vez frío, filtrar rápidamente a través de un crisol de porcelana porosa previamente pesado, usando la mezcla alcohol –benzol, para pesar todo el precipitado y lavar el matraz. Lavar el precipitado con la mezcla alcohol – benzol hasta que el lavado no de reacción alcalina con fenolftaleína, para lo cual se debe lavar con 75 ml de solución lavadora. No dejar que pase

aire a través del precipitado, ya que es higroscópico. Finalmente verter 25 ml de éter etílico en el crisol y hagase pasar a través del precipitado con ayuda de succión.

- d) Secar con un paño limpio el exterior del crisol y ponerlo en la estufa a 60° c durante una hora. Dejar enfriar a temperatura ambiente en un desecador y pasar con una aproximación de 0.01 gr
- e) Disolver el contenido del crisol en 7 ml de agua con un filtrador Fisher con objeto de recoger los lavados en un vaso de 250 ml. Ajustar el pH de la solución con ácido nítrico (1.3) exactamente a 2.5, cuando se mida con el medidor de pH electrónico. Después de un reposo de 30 min., filtrar dentro de un matraz volumétrico de 100 ml usando papel filtro muy fino. Si la solución no muestra turbidez al diluir el agua, no es necesario la filtración. Aforar hasta la marca con agua destilada que se aprovechara para lavar el vaso y el papel filtro.
- f) Tomar una parte de alícuota que contenga entre 60 y 90 mg. de la sal disuelta, ponerlo en un matraz Erlenmeyer de 250 ml con tapón esmerilado y secarlo en la estufa a una temperatura de 60° c. Agregar, a continuación, 5 ml de acético glacial y dejar abierto el tapón esmerilado poniendo una tira de papel entre el tapón y el cuello del matraz. Calentar durante una hora a una temperatura de 60° C y agregar 100 ml de metanol anhidrido, después de lo cual se continua con el calentamiento dentro de la estufa agitando de vez en cuando, hasta que la muestra se disuelva por completo. A la solución caliente se le agregan con una pipeta 2 ml de la solución de acetato de plomo al mismo tiempo que se agita. Volver a colocar el matraz en la estufa a 60° C durante una hora mas. Retire de la estufa y tapar perfectamente, y dejar transcurrir 30 minutos, dejando la muestra reposar durante 12 horas o mas. Transcurrido el tiempo, filtrar a través de un crisol de porcelana de porosidad media al que se le ha agregado un poco de fibra de asbesto. Continuando con el lavado del matraz con metanol anhidrido. Observar cuidadosamente el filtrado antes de desecharlo y si esta turbio, fíltrese nuevamente a través del mismo crisol. Dejar secar el crisol a 105° C en un horno durante una hora, dejando enfriar en un desecador para después registrar su peso.
- Para calcular el porcentaje de anhídrido ftálico en la muestra, se realizara con la siguiente expresión:

$$\text{Anhídrido ftálico, \%} = 32.3A/B$$

Donde:

A, Peso del precipitado de plomo, en gr.

B, Peso de la muestra tomada en la alícuota, en gr.

- 5) Se reportara únicamente el porcentaje de anhídrido ftálico que se llegue a determinar.

III.4.13. GRASA EXTRAÍBLES CON ACETONA.

- 1) Objetivo. El cual es determinar el contenido de grasa y aceite extraíbles con acetona, que se encuentran presentes en la pasta de aluminio
- 2) Procedimiento. Pesar 2 g de muestra con aproximación de 1 mg y colocar en un matraz volumétrico de 200 ml. Agregar 50 ml de acetona redestilada y calentar la mezcla a ebullición agitando de vez en cuando. Dejar enfriar y aforarse a la marca con acetona, déjese reposar para que se asiente el polvo de aluminio, decántese aproximadamente la mitad del líquido y fíltrese en papel filtro seco. Desechar los primeros 10 ml de filtrado y se verterán los siguientes 100 ml en una cápsula tratada. Evapórese la acetona a una temperatura no mayor de 75°C y después calentar la cápsula durante 15 minutos a 105 – 110 °C. Dejar enfriar, pesar y calcular el porcentaje de materia grasa que ha quedado como residuo en la cápsula.
- 3) Reporte. Se deberá reportar el porcentaje de grasa extraíble con acetona determinado.

III.4.14. ANÁLISIS DEL POLVO DE ALUMINIO.

- 1) Objetivo. El cual es, determinar la pureza del polvo o pasta de aluminio que se emplea en los recubrimientos.
- 2) Procedimiento. Lavar con éter etílico la cantidad de polvo o de pasta de aluminio suficiente para obtener aproximadamente 0.5g de pigmento hasta eliminar totalmente la grasa o material aceitoso. Colocar el polvo en un vaso de precipitados y agréguese 50 ml de HCl (1:1) filtrar y aforar la solución a 100ml, tomar una parte de alícuota, precipitando con un exceso de hidróxido de amonio concentrado, el precipitado se filtra, se lava y se calcina, para pesar como A1203 y después se calcula el correspondiente porcentaje de aluminio.
- 3) Reporte. Se deberá reportar únicamente si el polvo o la pasta tiene o no la pureza exigida en las especificaciones.

III.4.15. DENSIDAD.

- 1) Objetivo. Es la de determinar la densidad de los recubrimientos.
- 2) Procedimiento. Pesar sucesivamente un pienómetro de boca ancha, vacío, con agua y llenado con el recubrimiento. Para esto, tanto el agua como el recubrimiento deben estar a temperatura ambiente. Para calcular la densidad

del recubrimiento en gramos por centimetro cubico se hará con la siguiente expresión

$$\text{Densidad} = (P2 - P) / (P1 - P)$$

Donde

P, peso del pienómetro vacío, en gramos.

P1, peso del pienómetro con agua, en gramos.

P2, peso del pienómetro con recubrimiento, en gramos.

3) Se deberá reportar la densidad calculada, en porcentaje.

III.4.16. PRUEBA DE INTEMPERISMO.

- 1) **Objetivo.** Conocer la resistencia de los recubrimientos al efecto acelerado del ambiente, ya que en los aparatos se reproducen artificialmente y de manera intensa, la acción de la humedad, la lluvia y la luz solar. Para esta prueba se deben aplicar los recubrimientos sobre placas de acuerdo con el tipo de limpieza, número de capas y espesores que indique la especificación.
- 2) **Procedimiento.** Después de 72 horas de aplicado el recubrimiento a las placas, se expondrán dichas placas al ambiente y probar con el ciclo 102 – 18, es decir durante 102 minutos al efecto de la luz únicamente y durante 18 minutos al efecto de la luz y de la lluvia.
- 3) Se reportara que el recubrimiento pasa la prueba. En caso contrario, la prueba se debe suspender cuando se observe alguna falla y reportar el tiempo transcurrido, así como el tipo de falla observado.

III.4.17. RESISTENCIA A LA NIEBLA SALINA.

- 1) **Objetivo.** Conocer la resistencia de los recubrimientos al efecto acelerado de la niebla salina en presencia del aire a una temperatura controlada.
- 2) **Preparación de la muestra.** Aplicar el recubrimiento con brocha de pelo sobre una lamina negra de 10 x 20 cms perfectamente limpia y dejar secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Comprobar que el espesor de la película seca es de un milésimo de pulgada. Aplicar una segunda mano del recubrimiento comprobando que el espesor total de la película seca es de 2 milésimos de pulgada.
- 3) **Procedimiento.** Pasado el tiempo de curado indicado en la especificación, colocar la muestra en una mufla a la temperatura de prueba durante 24 horas, transcurrido dicho tiempo, retirar la muestra de la mufla y sumergirla

inmediatamente en agua temperatura ambiente. Después de la inmersión en agua, observar si la película del recubrimiento no presenta ningún deterioro.

III.4.18. RESISTENCIA A ALTA TEMPERATURA.

- 1) Objetivo. Determinar si un recubrimiento resiste altas temperaturas sin perder adherencia y flexibilidad.
- 2) Preparación de la muestra. Aplicar el recubrimiento con brocha de pelo sobre una lamina negra de 10 x 20 cms perfectamente limpia y dejar secar a temperatura ambiente durante 24 horas. Comprobar que el espesor de la película seca es de un milésimo de pulgada. Aplicar una segunda mano del recubrimiento comprobando que el espesor total de la película seca es de 2 milésimos de pulgada.
- 3) Procedimiento. Pasado el tiempo de curado indicado en la especificación, colocar la muestra en una mufla a la temperatura de prueba durante 24 horas, transcurrido dicho tiempo, retirar la muestra de la mufla y sumergirla inmediatamente en agua temperatura ambiente. Después de la inmersión en agua, observar si la película del recubrimiento no presenta ningún deterioro.

Doblar la muestra sobre un mandril de 6 mm de diámetro, a un ángulo de 90° y observar si la película del recubrimiento muestra desprendimiento, agrietamiento, o alguna otra falla.

- 4) Reportar si el recubrimiento pasa o no la prueba.

III.5. IMPACTO AMBIENTAL.

III.5.1. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFERICA.

En este apartado se establece el contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COVs), en la fabricación de pinturas y anticorrosivos de secado al aire, base disolvente para uso domestico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, establecen de la calidad del aire debe ser satisfactoria en todas las regiones del país donde se encuentre una planta de producción de pinturas y anticorrosivos de secado al aire, deben ser controladas y reducidas para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la sociedad y del medio ambiente que nos rodea.

Que en la fabricación de pinturas y anticorrosivos de secado al aire base solvente doméstico o industrial, se usan compuestos orgánicos volátiles, los cuales al aplicarse se evaporan y cuando rebasen ciertas concentraciones puedan intervenir en reacciones fotoquímicas atmosféricas que afectan al ambiente, por lo que es necesario establecer límites máximos permisibles con el fin de prevenir y controlar la contaminación ambiental.

El contenido máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV's) en la fabricación de pinturas de uso doméstico base solvente, son las establecidas en la Tabla siguiente:

TIPO DE PINTURA PARA USO DOMESTICO de secado al aire base solvente	CONTENIDO MAXIMO PERMISIBLE DE COVs (gr/lit*)
Esmalte Arquitectonico	490
Esmalte Domestico	490
Esmalte Alquidálico	490
Esmalte de Aceite	490

Notas. () Gramos de solventes orgánicos por litro de pintura fabricada

Para el caso en que los productos base solvente, incluidos en la tabla anterior aplicados con pistola de aire, se permite agregar un máximo de 10% de solvente activo (tipo xileno u otro recomendado por el fabricante de la pintura), o sea en la relación 10 a 1 en volumen.

La evaluación del contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV's) en una pintura se debe llevar a cabo con los siguientes métodos:

Determinación del contenido de compuestos orgánicos volátiles contenidos en pinturas y recubrimientos.

Objetivo

Determinar de una manera sencilla el contenido de compuestos orgánicos volátiles en pinturas y materiales relacionados.

Alcance

Este método está establecido para la determinación de compuestos orgánicos volátiles sin identificar compuestos individuales.

Normas de consulta

Normas internacionales para limitar el contenido de compuestos orgánicos volátiles en la elaboración de pinturas: ASTM Designation: D 3960-89, ASTM Designation: D 3792-86, ASTM Designation: D 1475-85, ASTM Designation: D 4017-90.

Dichas Normas podran ser consultadas en las oficinas del Instituto Nacional de Ecología

Resumen

Determinar el contenido de compuestos no volátiles y la densidad de la muestra de acuerdo a los métodos específicos. Para recubrimientos base solvente que no contienen agua, el contenido de compuestos volátiles es igual al COV, para recubrimientos que contienen agua el contenido de agua se determina separadamente y se resta del total de volátiles.

Equipo:

Picnómetro.

Termómetro.

Baño de temperatura constante.

Balanza analítica.

Equipo Karl- Fischer.

Equipo común de laboratorio.

Procedimiento.

Cálculo del agua: Determinar el contenido del agua de acuerdo al método ASTM-4017-90, referido en el punto 2 de esta Norma.

Método estándar. Determinación de agua en pinturas por el método Karl- Fischer.

Procedimiento.

a) Análisis de muestra con menos de 0.5% de agua.

Adicionar suficiente piridina fresca en el recipiente de titulación hasta cubrir el electrodo, agregar 1 ml de catalizador de 1-etilpiridina por cada 20 ml de piridina. La concentración óptima del catalizador es de aproximadamente el 5% del volumen presente.

Con una jeringa medir lo más próximo a 0.1 ml de agua destilada.

Pretitular la piridina hasta el punto final por adición automática de reactivo Karl-Fischer.

El uso de un catalizador aumentará el rango de reacción entre el Karl- Fischer y el agua; para obtener óptimos resultados, aumente la sensibilidad del electrodo (doble de platino) y reduzca el rango de titulación al mínimo.

Inyectar el agua e inmediatamente después, comenzar la titulación hasta el punto final realizar el análisis por duplicado.

Calculos

Constante F del reactivo Karl-Fischer (RKF)

$$F = J/P$$

Donde.

J, gr de agua adicionados

P, ml de RKF gastados.

El valor se registra con cuatro cifras significativas.

b) Análisis de muestra con más de 0.5% de agua.

Adicionar suficiente piridina fresca hasta cubrir el electrodo, agregar 1 ml de catalizados de 1-etilpiridina por cada 20 ml de piridina. La concentración óptima del catalizador es de aproximadamente el 5% del volumen presente.

Pretitular la piridina hasta el punto final por adición automática de reactivo Karl-Fischer.

Con una jeringa de 1 a 10 ml tomar la cantidad de muestra que se indica en la siguiente tabla.

AGUA ESPERADA %	PESO APROXIMADO DE AGUA gr.	VOL. APROXIMADO DE TITULANTE A: 5 mg/ml, ml
0.5 a 1	5	5 a 10
1 a 3	2.5	10 a 20
3 a 10	1.2	10 a 20
10 a 30	0.4 a 1.0	20 a 25
30 a 70	0.1 a 0.4	15 a 25
> 70	0.1	20

inyectar la muestra en la piridina previamente titulada. Comenzar rápidamente con titulación, volver a pesar la jeringa para calcular el peso exacto por diferencia.

III.5.2. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS DISOLVENTES COMUNES, DILUYENTES, DETERGENTES, MORDIENTES, AGENTES DE BLANQUEO, RESINAS, PLASTIFICANTES Y DE SUS VAPORES.

Todas las observaciones, así como la toxicidad de las siguientes sustancias, se refieren principalmente a su utilización en los recubrimientos, desengrasantes y

otros preparados que se emplean en la industria de las pinturas, para que de esta forma se tomen las debidas precauciones, a menos se indique otra cosa

Los datos para la Maximum Allowable Concentration (M. A. C., Concentracion Maxima Permissible) se da en partes por millón de aire a menos que se especifique otra cosa. Estos valores estan expuestos a cambios en el transcurso del tiempo de acuerdo a los recubrimientos de las autoridades, y no existen garantias de que se puedan presentar casos de envenenamiento a concentraciones mas pequeñas de las que se indican a continuación:

SUSTANCIA	PROPIEDADES Y EFECTOS FISIOLÓGICOS	M.A.C.
Anhidrido acetico	Muy corrosivo e irritante para los ojos, nariz, garganta, órganos respiratorios y la piel, además de causar efectos en el aire a causa de los vapores que emanan de este producto, provocando también contaminación en el agua, esto a causa de vaciar los residuos a las coladeras.	5
Acetona	Ligera irritación de los ojos, nariz y garganta, con narcosis a causa de una exposicion excesiva. Es una de las cetonas menos tóxicas.	1000
Alcohol alílico	Posee un olor picante. Se absorbe a través de la piel. Produce quemaduras, necrosis de la córnea, edema pulmonar, narcosis y ataca a los riñones. Llevar guantes y mascarilla protectora	2
Benceno	Muy peligroso; en lo que se refiere al olor en un principio no es muy desagradable. Ataca a los riñones y al hígado. Produce anemia (genera pirocatecol e hidroquinona en el cuerpo), los cuales son venenosos para la médula de los huesos. Se le culpa de producir la leucemia, los síntomas pueden ser que no se le noten hasta llegar a la misma muerte. El valor que se le da del MAC, puede que sea demasiado alto, puesto que un hombre ha muerto la concentración de 25 p.p.m. Con un repetido contacto con la piel puede ocasionar dermatitis.	25
Tetracloruro de carbono	un disolvente muy peligroso, puesto que la concentración existente puede ser mayor que la del MAC, sin que se aprecie ningún olor. Por encima del valor del MAC, se producen dolores de cabeza y nauseas con una intensa intoxicación del hígado y de los riñones. Se pueden producir enfermedades muy graves o bien la muerte, pero muy a menudo los síntomas solo aparecen tres días mas tarde, y la muerte al cabo de los 10 días. Puede ser absorbido por la piel. La susceptibilidad individual es variable, y el contacto con el alcohol hace aumentar su peligrosidad. El contacto con la piel puede producir dermatitis. A altas temperaturas se puede descomponer formándose fosgeno. Deberían hacerse cumplir las prohibiciones de no fumar aunque no sea inflamable. Si es imprescindible emplear este disolvente, llevar guantes y una mascarilla adecuada, pero sería mas aconsejable reemplazarlo por un disolvente menos tóxico tal como el tricloroetano	25

Naftas	Las sustancias esparcidas a la cera producen enfermedades de la piel, picazon y acné. Son venenosos contra el hígado, y en los estados de alcoholismo y preñez aumenta el riesgo. Cuando se utilizan se precisa disponer de una adecuada ventilación y deben tomarse debidas precauciones para no sobrecalentarlos cuando se funden. Se absorben a través de la piel. Evitar la respiración de su polvo. Llevar guantes protectores y una adecuada mascarilla. Se debería efectuar una revision periodica de los operarios en lo concerniente al acné y mala salud, y si es preciso deben ser cambiados de trabajo. Han de llevar indumentaria protectora.	No hay parametro
Dioxido de dietileno	Es un narcótico que causa graves perjuicios al hígado y al riñón, así como también produce irritación de los ojos, de la nariz y de la garganta. Puede ser absorbido a través de la piel.	100
Cetonas	No produce perjuicios notables, pero su prolongada exposición no es aconsejable	50
resinas epoxi	Se afirma, salvo algunas excepciones, que no son tóxicas. Puede que sea posible la dermatitis cuando se manipulan resinas liquidas	No hay parámetro.
Alcohol etílico	El olor se detecta a la concentración de 2 p.p.m. La respiración de sus vapores produce anestesia, pero no es tóxico. Produce narcosis e irritación de los ojos, nariz y garganta a concentraciones superiores a la MAC. Se ha sugerido como valor para el MAC, la cantidad de 500 p.p.m.	1000
Aminas	Produce irritación en los ojos, nariz y garganta, y edema pulmonar. Llevar mascarilla protectora y guantes	25
Alcohol isopropilico	Es ligeramente mas tóxico que el alcohol n-prppilico. No se han registrado casos de intoxicaciones en los hombres, ni tampoco ninguna enfermedad a causa de su empleo como desinfectante de la piel.	5
Metil - isobutil	Puede perjudicar la retina del ojo y al nervio óptico, causando la ceguera, es un narcótico y causa grandes problemas en el agua, ya que contiene grasa	200
Metil isobutil cetona	posee un olor cetónico alcanforoso. Produce irritación de los ojos. Las altas concentraciones producen narcosis. Y puede ocasionar desordenes en los ecosistemas acuáticos.	100
Fenoles	Se generan molestias en la piel, especialmente cuando se emplea junto con el formaldehído, en la fabricación de resinas sintéticas	5
Pigmentos	estos son los mas peligrosos, ya que contienen grandes cantidades de plomo, afectando con esto al sistema nervioso del hombre, y además a todo el ambiente que esta en contacto con dicho elemento.	1
Tolueno	El olor se percibe a una concentración inferior a 1 p.p.m. Produce fatiga, confusión y debilidad	200
Xitol.	Su olor se percibe a la concentración de 1 p.p.m. Irrita los ojos, nariz y garganta. Produce narcosis, nauseas y vomito. Es altamente contaminante.	200

CAPITULO IV.
PREPARACION DE LA SUPERFICIE.
APLICACIÓN.
PRINCIPIOS DE APLICACIÓN.

CAPITULO IV. IMPLANTACION DE SISTEMAS DE PROTECCION

IV.1. PREPARACION DE LA SUPERFICIE (PRETRATAMIENTO).

Generalidades.

Una adecuada preparación de superficie es esencial para obtener la máxima protección al mínimo costo. En principio, las pinturas y recubrimientos protegen los metales formando una barrera física o química, evitando que la humedad y el oxígeno alcancen la superficie metálica y reaccionen con ella. Como las trazas de humedad y oxígeno atrapadas bajo la superficie de la pintura pueden mantener en actividad el proceso de corrosión, esto significa que la superficie de un sistema anticorrosivo dependerá principalmente del pretratamiento. Esto es particularmente cierto para los mas sofisticados, que tienen relativamente poca capacidad de penetrar en una superficie oxidada y en los que los pigmentos anticorrosivos empleados normalmente tienen solo una función limitada.

En el entorno marino con fuerte contaminación salina, hay que prestar atención especial al quitar todas las trazas de sal, pues de lo contrario es muy probable que se produzca conexión bajo el recubrimiento protectorio, debido a las propiedades de fomento de la corrosión que tiene la sal.

Antes de aplicar cualquier acabado, ya sea primario, intermedio, o acabado final, remueva toda contaminación y rastros de pintura, tales como: productos químicos, suciedad, polvo, grasa, resina, pintura vieja, costras de óxido, arenilla, etc.

Las características del acabado, el servicio o la atmósfera a la que estará expuesta, la economía, la localización del trabajo, son factores principales que determinan el método que se deberá de usar para la preparación de la superficie.

En general, la superficie no deberá ser preparada si no se va a recubrir en el mismo día. Esto es de suma importancia para superficies de metal y mas aun cuando ocurra contaminación durante la noche.

Los métodos que se llegaran a emplear para preparar la superficie son los siguientes:

- Con solventes
- Manual

¹ COTTER , COSTE J. "La pintura en la Corrosión". 3ª Ed . Sintet. 1980, pp 96

² DU-PONT, "Catalogo de Productos"

³ FRITZ TÓDT "Corrosivos y Protección". 1ª Ed., Taller Gráfico Montaña. Madrid. 1959, pp. 649

- Con chorro de arena
- Química

IV.1.1. LIMPIEZA CON SOLVENTES.

Generalidades

Este método se refiere a la ejecución en superficies metálicas, con el principal objeto de quitar aceites y grasas, antes de remover el óxido o la pintura vieja; también se usa para quitar suciedad excesiva. En general constituye una limpieza auxiliar previa o complementaria, que se efectúa en combinación con otros sistemas de preparación de superficie

Procedimiento.

Este método consiste en la ejecución de las operaciones que se indicaran mas adelante y de acuerdo con las especificaciones particulares de cada caso y a juicio del supervisor, se podrán omitir una o varias de las operaciones siguientes:

- a) Por medio de resquetas, espátulas o cepillo de alambre, deben de quitarse salpicaduras de cemento, exceso de grasa o suciedad, sales y otras materias extrañas.
- b) El remanente de aceite y grasa se eliminara frotando la superficie con estopas o cepillos resistentes a los solventes, impregnados en el mismo. La limpieza final deberá hacerse en la misma forma usando solvente limpio. También dicho remanente podrá eliminarse aplicando solvente por aspersion a la superficie y repitiendo la operación cuantas veces sea necesario.

Aspecto.

La superficie se considerara limpia, cuando este completamente libre de grasas, aceites y materias extrañas, a juicio del supervisor.

Precauciones.

Debido a que la mayoría de los solventes son inflamables y explosivos, el peligro es inherente a este tipo de preparación de superficies, por lo que no debe iniciarse el trabajo antes de que se disponga de todo el equipo necesario y se hayan tomado las precauciones debidas.

Las reglas de seguridad que deberán observarse cuando se haga limpieza con solventes en el interior de tanques, recipientes, o en cualquier otra área confinada

o mal ventilada, deberán cumplir con lo especificado por las Normas de Seguridad de PEMEX

Solventes.

Se deberán preferir aquellos solventes que ofrezcan mayor seguridad en cuanto a su temperatura de inflamación, considerando además su toxicidad.

A continuación se presenta una lista de solventes comúnmente empleados.

Solvente	Especificación ASTM
Naftas del petróleo	D-838-50
Tolueno (Tuluol)	D-362-61
tricloroetileno	
Percloroetileno	
Xileno (Xilol)	D-364-61
Metil isobutil cetona	
Benceno	

IV.1.2. LIMPIEZA MANUAL.

Generalidades.

Las etapas de que puede constar el procedimiento de limpieza manual para la preparación de superficies se indican a continuación. Queda a juicio del supervisor otorgar parcial o totalmente alguno de los pasos que se mencionan.

Procedimiento

- a) Descostrado. Con ayuda de un martillo, cincel y espátula, se quitaran las costras de oxido, escamas y restos de soldadura o escorias.
- b) Lavado. Mediante el uso de solventes adecuados o detergentes deberán eliminarse toda clase de materias extrañas, como aceites y grasas.
- c) Rasqueo. Las superficies deberán de rasquetearse para eliminar depósitos de oxido, cemento, pinturas o cualquier otra materia extraña.
- d) Cepillado. En todos los casos, la superficie se frotara con cepillo de alambre de acero, hasta desaparecer los restos de oxido, pintura, cemento u otras materias extrañas.

¹ COTTER R., COSTE J , "La Pintura a Pistola en la Construcción". 3^o, Ed. Sintex, 1980, pp 124

- e) Lijado. Los restos de pintura vieja que no se desprendieron por medio de las operaciones anteriores, se deberán lijar, para que al pintar resulte una superficie continua, tersa y uniforme
- f) Eliminación del polvo. La superficie se deberá limpiar, frotándola con estopas, para eliminar las partículas de polvo. Se podrá hacer este trabajo también sopleteando la superficie con un chorro de aire seco y limpio.
- g) Uso de herramienta neumática o eléctrica. Algunas de las etapas señaladas anteriormente se pueden realizar mediante el uso de herramientas neumáticas o eléctricas.

Aspecto y aceptación.

- a) Aspecto. Se considera la superficie limpia o preparada para recubrirse, cuando solo presente restos de oxido o pintura bien adheridos y que no haya huellas de grasa, aceite u otras sustancias extrañas.
- b) Aceptación de la superficie limpia. Para aceptar una superficie preparada manualmente, se deberá tener el mismo aspecto que un área de 1 m², seleccionada previamente como patrón y representativa de las condiciones generales y a satisfacción del supervisor.

IV.1.3. LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA.

Generalidades.

La limpieza con chorro de arena consiste en impulsar partículas de arena con aire comprimido sobre la superficie, para remover oxido de fundición, oxido de fierro y otros contaminantes.

La limpieza con chorro de arena y rasqueta son métodos eficientes para remover el óxido de fundición y el óxido en general. El rasqueteo es generalmente impractico excepto cuando se trata de superficies de acero nuevas; así pues la limpieza a chorro de arena es la preparación de superficies normalmente especificada para un acabado protectorio de calidad.

* DUPONT "Catalogo de Productos", pp 8

Material

Una arena o sílica graduada es lo que se requiere para una eficiente limpieza. La elección de arena depende de las condiciones de la superficie y la rugosidad requerida

Equipo

Los componentes básicos de una unidad de limpieza con chorro de arena y suministro de arena deben ser cuidadosamente combinados para obtener máxima eficacia. Los componentes y su uso apropiado se explican a continuación.

IV.1.4. MAQUINAS DE LIMPIEZA.

Existen tres tipos de maquinaria de limpieza de superficies de acero:

Continua. Esta maquinaria utiliza una tolva que puede ser llenada sin interrumpir la limpieza.

Semi-continua. Esta maquina utiliza una tolva que puede ser llenada sin interrumpir la operación. Sin embargo se debe detener de tiempo en tiempo para permitir a la arena fluir de la tolva a la maquina.

La limpieza con chorro es con mucho el mejor método y se usa ya ampliamente para trabajo de mantenimiento a bordo. Con respecto a limpieza a chorro ordinaria, son importantes los siguientes puntos:

- La presión del aire correcta es aproximadamente de 7 a 7.5 kg/cm². Si se reduce la presión de aire a 5 kg/cm² puede que haya que usar el doble de materiales de aplicación a chorro de lo normal para lograr el mismo resultado.
- Tratar las zonas pequeñas de una vez y aplicar la primera capa de imprimación (revoque de cal) lo mas pronto posible, a fin de prevenir la contaminación salina y corrosiva. Una imprimación de secado rápido, tal como un whasprimer, puede a veces encontrarse de utilidad , pues permite que tenga lugar mas limpieza a chorro en zonas adyacentes, inmediatamente después de la aplicación de la imprimación.
- Prever una eficiente expulsión del polvo mediante aire comprimido (exento de aceite y agua) o bien con un aspirador, antes de aplicarse la imprimación. Primero puede quitarse eficientemente el fuerte oxido y pintura suelta, picando, raspando, etc., antes de limpiar a chorro, pues esto da frecuentemente un gran chorro, en comparación a una superficie tratada convencionalmente.

* DENISTON, "Steel Structures Painting Council", 2^a Ed., Ed. Bigos, USA, 1984, pp. 232

- La limpieza a chorro puede también realizarse por medio de equipo vacío. La arena/granalla o perdigones de acero que se emplean en este caso se hacen circular en un sistema cerrado, a fin de evitar problemas de polvo.
- Este equipo tiene una capacidad relativamente pequeña, pero es muy adecuado para el tratamiento de zonas pequeñas, tales como costuras de soldadura, estructuras, etc.

Procedimiento.

Este consta de las siguientes operaciones, pero quedará a juicio del supervisor, de acuerdo con las condiciones y especificaciones particulares de cada obra, dispersar o modificar la ejecución de cualquiera de estas:

- a) Se hará una limpieza manual que conste de las operaciones de descostrado y lavado como se especifica en el procedimiento de limpieza manual.
- b) Los depósitos de óxido, pintura adherida y cualquier otra sustancia extraña totalmente removidos de la superficie por medio del chorro de arena.
- c) El agente abrasivo será arena seca, lavada, clasificada entre las mallas US-18 y US-80 (United States Sieve Series Screen), cuarzosa o silicosa. No podrá usarse arena contaminada con sales.
- d) El aire usado para aplicar el chorro de arena deberá estar exento de agua, aceites o grasas.
- e) La rugosidad o máxima profundidad del perfil que se obtenga en la superficie limpia y que servirá como anclaje para el recubrimiento, estará comprendida entre 0.001 y 0.0025 pulgadas, de acuerdo con el espesor de la película del primario, el cual deberá ser mayor que la profundidad del perfil o anclaje.
- f) Una vez efectuada la limpieza con chorro de arena se hará una eliminación del polvo como se detalla en el procedimiento de limpieza manual.

Aspecto.

De acuerdo con las especificaciones particulares se exigirá que la superficie preparada con chorro de arena tenga uno de los aspectos que se indican a continuación:

- a) Metal blanco. La superficie deberá quedar de un color gris blanco, metálico, uniforme y brillante. No deberá mostrar óxido, pintura, aceite, grasa ni otra sustancia extraña.

- b) Cerca de metal blanco. La superficie deberá tener un aspecto intermedio entre la limpieza a metal blanco y comercial. No mostrará óxido, pintura, aceite, grasa ni otra sustancia extraña.
- c) Comercial. La superficie deberá quedar de color gris oscuro, no se requiere que sea uniforme, pero deberá tener restos de pintura, grasa, aceite o materias extrañas.

Aceptación de la superficie limpia.

- a) Para aceptar una superficie preparada con chorro de arena deberá tener el mismo aspecto de una área de 2 m², seleccionada previamente como patrón y representativa de las condiciones generales y a satisfacción del supervisor.
- b) Para comprobar que la profundidad de anclaje es la especificada, la superficie preparada se comparará con la del patrón aceptado, utilizando la lámpara comprobadora de anclaje.

Protección de superficie limpia.

En cualquier caso en que se haya especificado preparación con chorro de arena, el tiempo máximo que se permitirá que transcurra entre la limpieza y la protección de la superficie dependerá del ambiente en que se opere, pero nunca podrá ser mayor de 4 horas. Quedará a juicio del supervisor disminuir este lapso hasta el límite que estime conveniente.

Cuando por algún motivo se exceda del tiempo de protección señalado y permitido de acuerdo con el párrafo anterior, se repetirá la preparación de la superficie.

IV.1.5. LIMPIEZA QUÍMICA.

Generalidades.

Es el método con el que se elimina aceites, grasas, contaminantes y recubrimientos por acción química. El procedimiento que se menciona a continuación, constituye un proceso completo de preparación de superficies o auxilia en combinación con otros procedimientos.

Procedimiento.

La limpieza química consta de las siguientes operaciones. Quedando a juicio del supervisor, de acuerdo con las condiciones y especificaciones particulares de

* COTTER R., COSTE J. "la Pintura a Pistola en la Construcción", 1ª ed., Síntesis, Madrid, 1960, pp. 18 y 19.

cada obra, dispensar o modificar cualquiera de las operaciones que se mencionan a continuación

- a) Las capas gruesas de aceite, grasas y contaminantes deberán eliminarse con rasqueta, espátula u otro medio apropiado.
- b) Los módulos de corrosión deberán eliminarse con herramientas de impacto.
- c) Se aplicara con brocha o aspersion la solucion del producto químico seleccionado, dejándose sobre la superficie del tiempo de contacto suficiente para su acción.
- d) Posteriormente, la superficie debe ser lavada con agua para eliminar todos los residuos. Para probar la efectividad del lavado, debe efectuarse la prueba del papel indicador del pH sobre el acero húmedo, hasta obtener un pH similar a la del agua empleada para el lavado.

Aspecto.

Para aceptar la superficie preparada con limpieza química, deberá tener el mismo aspecto que un área de 1 m² o menor seleccionada previamente como patrón, y representativa de las condiciones generales y a satisfacción del supervisor.

Precauciones.

Para la ejecución de los trabajos se deberán atenderse todos los ordenamientos de seguridad y no deberá iniciarse ningún trabajo antes de que se disponga de todo el equipo de seguridad necesario.

IV.2. APLICACIÓN

Importancia de una aplicación correcta.

Todos los recubrimientos deben aplicarse correctamente para poder así obtener su máximo funcionamiento. En muchos de los casos, los procedimientos y los equipos son aquellos que se usan frecuentemente con las pinturas industriales. Sin embargo, es esencial que se sigan las instrucciones de aplicación, que las condiciones ambientales sean adecuadas, el uso de equipo correcto y la practica de una buena técnica de aplicación.

Los elementos mas importantes para obtener un buen resultado y evitar los problemas, dependen de condiciones ambientales, los métodos de aplicación, etc.

¹ MARROW L. C. EITOR, "Manual de Mantenimiento Industrial", 2^a Ed., CECSA, México, 1976, pp 136

Existen un gran numero de metodos de aplicaci3n de recubrimientos protectores y van desde la inmersi3n hasta la aplicaci3n electrostática, pero en trabajos en campo se realizan con brocha, rodillo o atomizaci3n

Poco puede decirse acerca de los primeros dos métodos, que mejoren la técnica de un pintor.

Brocha.

Las pinturas de aceite y algunas alquídicas pueden aplicarse fácilmente con brocha pero las vinílicas, hules clorados, epoxicas, poliuretanos e inorgánicos de zinc no se presentan para este tipo de aplicaci3n, excepto para retoques Sin embargo algunos sistemas se recomienda aplicar con brocha la primera capa para asegurarse que se trabaja la superficie del sustrato. Cuando esto es necesario, el primario deber1 adelgazarse generosamente para una mejor fluidez.

Rodillo

Este método es muy bueno con algunos recubrimientos, y es imposible con otros, algunos materiales secan con el rodillo y no son impregnados, haciendo que en un tiempo muy corto el rodillo se torne pesado y difícil de manejar. Algunos otros muestran propiedades de fluidez muy pobres. Aunque algunos vinílicos y hules clorados se pueden trabajar muy bien, su aplicaci3n con este método puede originar el sangrado de la capa inferior. Por ejemplo, si un vinílico blanco se aplica sobre una capa de vinílico color rojo, el acabado tendr1 un color ligeramente rosa.

Aspersi3n o atomizaci3n.

Ciertamente el mayor volumen de recubrimientos para el servicio de mantenimiento de inmersi3n son aplicados con equipos de atomizaci3n. Este método de aplicaci3n no solo es mas rápido que los antes mencionados sino que se obtienen películas con aspersores mas uniformes.

Métodos de atomizaci3n.

En la aplicaci3n de los recubrimientos a escala industrial, se usan dos tipos de equipos:

a) Convencional (atomizaci3n con aire)

b) Airless (presi3n hidráulica)

Atomizaci3n convencional.

El componente principal de este sistema es la pistola de atomizaci3n, y es donde se mezclan el aire y el material. Esta diseñada de tal manera que el flujo puede ser dirigido fácilmente hacia la superficie a recubrir.

En la mayoría de las pistolas de atomización existen dos dispositivos de ajuste. Uno que regula la cantidad de fluido y otro que controla la cantidad de aire y a su vez determina el tamaño del abanico.

Alimentación por succión

La pistola se encuentra unida a un recipiente o vaso de aproximadamente 1 litro de capacidad. Cuando se acciona el gatillo, se desarrolla una fuerza de succión en la tobera de la pistola, haciendo que el material fluya del vaso hasta la boquilla, donde es atomizado. Este tipo de equipo tiene limitaciones severas; la pistola deberá operarse horizontalmente, no atomiza materiales viscosos, su avance es lento, y es una pérdida de tiempo porque se tiene que estar recargando frecuentemente.

Alimentación a presión.

En este tipo, el fluido es alimentado por medio de presión a la pistola y tiene muchas ventajas, pueden atomizarse materiales de alta viscosidad, deja capas gruesas, y el avance es mucho más rápido, aunque algunas veces se ensambla con un vaso de 1 litro para trabajos pequeños, la mayoría de las veces se usa con olla o recipientes separados para el material. Este sistema asegura un mejor control de la presión y permite mayores avances.

Otros equipos.

Los trabajos de aplicación en ocasiones tienen que efectuarse en espacios cerrados, como la protección interior de tanques, en este caso se requiere de equipo adicional. En estas áreas el operario deberá disponer de mascarillas para aire. La corriente de aire deberá suministrarse por medio de una manguera de ¼" (6 mm) de diámetro, justamente frente a los ojos para proveer una visión y calibre de vapores.

Estos equipos presionan la pintura de acuerdo con los de diseño de los fabricantes, llamada "relación" que consiste en que se multiplica la presión del aire, que se usa solo en el llamado sistema motriz, por la capacidad de la relación, para producir la presión de la pintura a la pistola.

Esta relación de las bombas puede ser desde 1 a 4 hasta 1 a 36, es decir:

Presión del aire a la bomba	Relación del equipo	Presión de la pintura a la pistola
70 LPC	1 a 4	280 LPC
70 LPC	1 a 10	700 LPC
70 LPC	1 a 20	1400 LPC
70 LPC	1 a 36	2520 LPC

De donde resulta peligroso dirigir los rociadores hacia las partes descubiertas del cuerpo, porque los pigmentos disparados a tan alta presión se incrustan en los tejidos de la piel.

Además, la fricción de los recubrimientos en su paso por el interior de la manguera, producen corriente estática, que debe hacer fugar a tierra, mediante la conexión de un alambre de cobre del No. 12, desde el cuerpo de la bomba hacia la base de una estructura o en una línea de agua parcialmente enterrada. Se logra con este equipo un avance muy superior a todos los demás sistemas de aplicación.

El método de aplicación con aire consiste en equipos que producen aspersion en la pistola por medio de una corriente de aire que es conducido por una manguera de ¼" D.I independiente de la manguera de fluidos.

Este equipo trata de ollas de presión de 8, 18 y 30 litros de capacidad para trabajos de campo o de mayores capacidades para trabajos de taller.

Dichas ollas constan de un deposito resistente a presiones de 90 a 100 libras por pulgada cuadrada, en el que se introduce al material directamente o mejor aun en un envase independiente, este se tapa herméticamente mediante unos ganchos sujetos con goznes y tornillos accionados a mano.

Sobre las tapas de las ollas de presión están instalados los siguientes instrumentos:

- Un regulador que recibe el aire que viene del compresor y la modifica a la pistola.
- Un regulador de presión que recibe el aire de paso del interior y lo envía modificado al interior de la olla.
- Un manómetro para registrar la presión del aire a la pistola.
- Un regulador para registrar la presión en el interior de la olla.
- Un agitador movido por aire, electricidad o a mano, que llega hasta el fondo del
- Recipiente para evitar asentamientos de los pigmentos de los materiales.
- Un tubo de fluidos por el que pasan los materiales desde el fondo del recipiente hasta la válvula en la tapa.
- Una válvula de descompresión en el interior de la olla.
- Una válvula de seguridad que deja escapar el aire que llegue a subir a mayor presión de las que constan las características de la olla.

- Una manguera de aire a pistola de ¼" D I por 8 o 10 metros de largo
- Una manguera de fluidos a pistola de 0.375" D I por 8 o 10 metros de largo.
- Al final de estas mangueras se conecta la pistola para aplicar los recubrimientos.

Los reguladores se emplean para dosificar la presión del aire a la pistola, y la presión que debe tener el interior de la olla para que pueda funcionar fácilmente el equipo.

Estos van de acuerdo con la densidad de los materiales, como por ejemplo.

- Recubrimientos alquidáticos:
 - Presión de la olla, 15 libras
 - Presión en la manguera de aire a pistola, 70 libras
- Recubrimientos vinílicos:
 - Presión de la olla, 30 libras
 - Presión en la manguera de aire a pistola, 80 libras
- Recubrimientos inorgánicos:
 - Presión de la olla, 45 libras
 - Presión en la manguera de aire a pistola, 90 libras

En el proceso de aplicación deben tomarse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Las aspersiones deben hacerse en rociadas traslapadas al 50% hasta lograr el aspensor requerido.
- b) Correr la pistola paralelamente a la superficie, a una distancia promedio de 25 cm.
- c) No abanicar la pistola, principalmente cuando se aplican materiales muy secantes, como el inorgánico de zinc.
- d) Conservar la pistola, lo mas posible en ángulo recto, para lo cual debe edquirirse habilidad en los movimientos de la mano.
- e) Procurar que la primera aspersion se seque en húmedo, es decir, que se vea con un aspecto mojado, para asegurar la correcta adherencia de los materiales sobre la superficie.
- f) Aplicar una rociada previa a aristas de ángulo o laminas, para que se procure igual espesor que el de la superficie plana.

- Abrasivos: materiales que se emplean en los equipos de sopleteo para producir la limpieza de las superficies, como arena granalla, municion, etc
- Adherencias: termino común para denominar que aquel recubrimiento esta perfectamente bien pegado a la superficie.
- Agrietamiento: separación parcial de los recubrimientos sin desprenderse, ocasionadas por exceso de breas o vehiculos inapropiados.

Historia.

Los señores Ernest H. Gonz, Helmuth Gotthed y Roberto Sagemehl unos emigrantes alemanes, fundaron el 14 de Junio de 1949 una fabrica de escobas en el poblado agrícola de Cagua, en el estado Aragua (zona centro - norte de Venezuela y 125 km. De Caracas). La cual inicia la producción con escobas y cepillos a base de madera y fibras naturales, en los años cincuenta se comienza a fabricar brochas para pintar, que ante la diferencia de costo y calidad se hacen con mangos plásticos. Durante cuarenta años, cerca del año 1989 se producen rodillos y otros accesorios para las pinturas y recubrimientos.

IV.2.3. PINTURA A PISTOLA EN FRÍO.

Este método es el mas empleado en la actualidad, la pintura a pistola en frio mediante aire a presión se presta a todos los trabajos corrientes de proyección de líquidos o de productos semipesados, desde la pintura sobre extensas superficies hasta los detalles de la decoración.

Los aparatos necesarios para este método comprende esencialmente:

- Un productor de aire comprimido.
- Una reserva de pintura.
- Una pistola pulverizadora y proyectora.
- Tubos de conexión.

El aire, contrariamente a lo que podría pensarse a priori, el aire utilizado, tanto para la pulverización como para la proyección, debe poseer determinadas cualidades indispensables para la obtención de resultados satisfactorios.

Un buen numero de incidentes en la aplicación, puede atribuirse a una mala condición del aire.

El aire debe ser:

- Muy puro y no debe transportar vapores nocivos.

- Cuidadosamente exento de polvo
- Libre de todo vestigio de aceite
- Perfectamente seco
- Temperatura optima.

Estas condiciones son muy difíciles de mantener en la obra, ya que existen agentes tales como los que se llegaron a mencionar con anterioridad, además de agentes químicos que existen dentro de las áreas de trabajo, ya que el aire esta expuesto a todo, incluso al contacto humano.

Vapores nocivos.

Particularmente en las grandes ciudades, el aire contiene una notable proporción de vapores nocivos difíciles de eliminar porque en la mayor parte de los casos se desconoce su naturaleza y su origen.

La aspersión por medio de pistola en atmósferas salinas (cerca del mar) plantea un problema no bien resuelto todavía. el mismo que para la brocha o con el rodillo.

En estas condiciones será prudente reservar, en lo posible, la pintura a pistola para las estaciones secas y para las épocas de viento, durante las cuales el contenido salino en la atmósfera es mínimo.

Polvo.

Es superfluo insistir en la necesidad de emplear solo aire libre de toda clase de polvo. Esto se consigue fácilmente interponiendo un filtro en la admisión del compresor.

Vestigios de aceite.

Así mismo los vestigios de aceite deben eliminarse totalmente. Estos vestigios provienen del aire comprimido, del cual, una pequeñísima parte de aceite de lubricación se evapora bajo los efectos del calor desarrollado, por la compresión. Estos vapores llegan a pasar entre los segmentos y el cilindro, penetran en la cámara de compresión y son arrastrados por el aire comprimido.

Es indispensable prever un aparato eliminador del aceite en el circuito de aire, mas arriba de la reserva de pintura y de la pistola.

Humedad y temperatura

Como todos sabemos, el aire atmosférico contiene permanentemente una cierta cantidad de agua, invisible, mientras el aire no este saturado, pero que se condensa en forma de gotitas cuando se ha llegado al punto de saturación (higrometría igual a 1)

Se correría el riesgo de que esa agua fuera arrastrada y pulverizada por el aire comprimido al mismo tiempo que la pintura, sino fuera detenida por un sistema deshidratador.

Pero la temperatura tiene todavía otro efecto sobre la aplicación de la pintura, haciendo variar la fluidez de los vehículos en notables proporciones.

En particular el enfrentamiento coaccionaria por expansión del aire comprimido entraña dos fenómenos: por una parte, disminución de la fluidez de los vehículos, por otra parte, enfrentamiento de la superficie a pintar por el barrido del aire frío.

En la practica los mejores resultados se obtienen a las temperaturas comprendidas entre 15°C y 20°C.

IV.3. PRINCIPIOS DE APLICACIÓN.

Hay muchos tipos de equipos disponibles para la aplicación de acabados. La selección dependerá de la superficie a pintar, del tamaño de la misma, del tipo de material por aplicar y de la economía que se busque.

IV.3.1. APLICACIÓN POR ASPERSIÓN.

Económicamente, el sistema de aspersión es el sistema de aplicación predilecto. Generalmente, los acabados para mantenimiento se aplican por aspersión, ya sea por el equipo convencional de aspersión por aire o con el de aspersión sin aire. Ambos pueden ser complementados con calor adicional.

La aspersión sin aire puede aumentar la velocidad de aplicación del acabado hasta en un 100% en comparación con el equipo convencional de aspersión con aire. Su uso debe ser de acuerdo al tamaño y la naturaleza del trabajo, por ejemplo, el mejor será en el que haya grandes superficies planas a pintar.

La aspersión caliente se sugiere solo cuando se obtienen grandes beneficios de su uso y solamente con materiales específicos, por ejemplo la aplicación de acabados de vinilo convencionales o de aspersión caliente. Debe tenerse cuidado

* COTTER R, COSTE J, "La Pintura a Pistola en la Construcción", 1ª Ed., Sintex, España. 1960. pp. 13

cuando se usen aspersiones calientes y sin aire combinados debido a posibles complicaciones de patentes

- 1) Equipo de aspersión El equipo usado para pintar por aspersión ha sido diseñado para hacer trabajos específicos. Se debe ver que el equipo se encuentre en buenas condiciones de operación. Si no cuidamos de este detalle, puede dar como resultado una mala aplicación debido a que el equipo se encuentra en mal estado. Para aspersión con aire hay que asegurarse que las líneas de flujo y las conexiones de presión estén limpias.

Cuando una espesa niebla excesiva o atomización llena el ambiente alrededor del objeto que se está pintando, hay probabilidades de que las presiones del aire y del flujo estén desajustados. La idea de que una presión alta aumenta la velocidad, es un mito. Hay una presión de aire y fluido, correcta y económica para cada tipo de acabado. Uno de los factores de mas importancia para obtener un buen acabado, es el de usar la presión adecuada al material que se está usando. La condición, longitud y diámetro de la manguera de aire afecta la presión que se obtiene en la pistola. Hay que asegurarse que la velocidad de emisión de fluido y la presión de atomización del aire sean regulados en la toma y no en la pistola.

El equipo de aspersión sin aire debe limpiarse antes de usarse, especialmente los filtros interconstruidos con mucho cuidado, ya que estos son varios. El material que se va a atomizar debe ser filtrado antes de bombearla a la unidad de aspersión sin aire. Asegurándose que haya presión correcta de entrada, que la unidad tenga la capacidad adecuada para el trabajo en términos tanto de litros por minuto de aspersión, solo cambie el casquillo. Nadie debe usar o supervisar el uso del equipo sin aire, sin saber los riesgos de seguridad que su uso implica.

- 2) Técnicas de Aspersión. Las aplicaciones con pistola deben hacerse con un movimiento libre del brazo, y deben ser paralelas a la superficie, teniendo la boquilla de la pistola en dirección perpendicular a la superficie en todos los puntos. Hacer que la pistola se incline, procurando hacer un pequeño arco, resulta ser una aplicación dispareja y una excesiva brisa al final de cada pasada. La aplicación correcta debe de ser con la pistola perpendicular a la superficie a recubrir y de forma equidistante del objeto. La aplicación incorrecta, es con la pistola inclinada, así como se menciono anteriormente; ocasionando que salga mas de un material y menos del otro, resultando con esto líneas y escurrimientos. Esto debido a que la pistola esta mas cerca o más lejos de la superficie durante los movimientos.

Un habito común que hace que se pierda material, es sostener la pistola inadecuadamente. Cuando la pistola se inclina resulta que se forma una película dispareja. En casos extremos, habrá recubrimiento en parte de la película, ocasionando perdida de tiempo y de material por el efecto de la inclinación de la pistola.

Cuando se apliquen películas de pintura muy delgadas, comience a mover la mano antes de jalar del gatillo, y suéltelo antes de terminar el recorrido. La pistola debe tenerse a una distancia adecuada de la superficie a pintar.

La diferencia de pocos centímetros entre boquilla de la pistola y la superficie, significa pesos ahorrados a pesos perdidos.

Una revisión rápida de la distancia para la aplicación por el método de aspersión de esmaltes sintéticos es la distancia del índice al pulgar, con la mano extendida, o sea, cerca de 20 a 25 cm para aspersión convencional, y de 15 a 20 cm para lacas, 30 a 40 cm es el rango para aspersión sin aire.

Procurar no acercarse ni alejarse demasiado de la pistola. Es importante recordar que la pistola debe sostenerse a la distancia correcta y en ángulo adecuado durante la aplicación.

Algunas veces se adquiere el hábito de hacer el trabajo de la manera más difícil, en vez de parar por un momento para descubrir la manera más fácil. Esto es verdad para casi cualquier actividad, incluyendo el uso de una pistola de aspersión.

Se debe aplicar un recubrimiento de diferentes maneras, empezando por arriba o por abajo, de izquierda a derecha. Generalmente cada persona puede determinar por observación y experiencia el método más económico de pintar. Estudiar el trabajo y establecer un procedimiento, paso a paso. Haciendo esto, se asegurará un recubrimiento uniforme con el mínimo de movimientos.

- 3) Cubrimiento. Para obtener el cubrimiento y el espesor de película adecuados cuando se pinta con pistola, deben seguirse los siguientes pasos en orden:
- Todas las orillas de la superficie deben pintarse en un solo paso, paralelamente y a todo lo largo de las orillas.
 - Todos los ribetes, esquinas y protuberancias deben pintarse en un solo paso.
 - Después de completar los pasos anteriores, se moverá la pistola perpendicularmente a un plano paralelo de la superficie que se este pintando. Cada paso con la pistola debe abarcar el paso anterior hasta un 50%. En algunos casos, los pasos múltiples, preferiblemente cruzados, pueden ser necesarios para obtener el espesor de la película deseada.

*COTTER, COSTE J. "La Pintura a Pistola en la Construcción", 1 ed., Ed. Sintet, España, 1960, pp 79

IV.3.2. APLICACIÓN CON RODILLO.

El rodillo y sus accesorios deben estar limpios. La cubierta del rodillo debe ser lo mas adecuada para la superficie que se va a pintar. Una regla general a seguir es. "mientras más suave la superficie, mas corta es la lanilla". Solo rodillos de pelo corto se recomienda para aplicar materiales que se hacen duros en poco tiempo, después de la aplicación. Es importante saber seleccionar el rodillo adecuado para el trabajo, tanto como seleccionar la brocha o el equipo de aspersión adecuado.

IV.3.3. APLICACIÓN CON BROCHA.

Las brochas que se usen deben estar limpias, ser de buena calidad y del tamaño y forma adecuadas a la superficie que se va a pintar. La pintura debe aplicarse a un espesor de película seca especificada.

IV.3.4. SELECCIÓN DEL MÉTODO DE APLICACIÓN.

Los siguientes puntos deben considerarse como una guía en la selección del equipo de aplicación adecuado.

- Aplicación sin aspersión de aire. Este es el método mas económico que se puede encontrar en el mercado, esto debido a su alta productividad y pocas perdidas en brisa.

Los equipos modernos han hecho mas fácil los cambios del material; sin embargo, vientos cruzados fuertes causan perdidas excesivas y una película dispareja. Generalmente, los recubrimientos no se aplicaran tan gruesos o tan delgados como una aspersión con aire, y hay definitivamente sombreado en los ribetes, juntas, grietas, etc. ideal para aplicar acabados stencilados. Usando cada día mas en interiores de edificios.

- Aplicación por aspersión de aire. Este otro método por aspersión de aire, da flexibilidad en el ajuste de la pistola y el gatillo, tiene problemas con las partículas resultantes de la aspersión, aplica películas mas suaves, tiene menos tendencia a formar áreas sombreadas y no es propenso a tapan la pistola en contraste con la aspersión con aire. Son mas adaptables a técnicas tales como: menos económico que el método sin aire, debido a su lenta productividad y mas perdidas por la automatización

- Aplicación con rodillo. Este método puede usarse extensamente en interiores o exteriores de tanques, especialmente a las vigas y viguetas, cuando no se puede usar el equipo de aspersión; también preferentemente al uso de brocha debido a su alta productividad. Las pinturas generalmente no fluyen tan bien cuando se aplican con brocha, como cuando se aplican con rodillo, que por otro lado, produce un acabado más satisfactorio.
- Aplicación con brocha. Este método es sin duda el más costoso. Es ideal para madera. Es el mejor método para aplicar primario en juntas, grietas, ribetes, y acero limpiado a mano. Esta ventaja es marginal en superficies limpiadas con chorro de arena.

IV.3.5. UNIFORMIDAD DE APLICACIÓN.

Las instrucciones de aplicación que aparecen en boletines técnicos y etiquetas deben ser seguidas cuando sean compatibles con las especificaciones del recubrimiento. La mano de obra debe ser revisada por un residente de obra con suficiente experiencia. Las orillas puntiagudas y esquinas deben ser recubiertas con primario antes de aplicar la capa normal. Colores alternos de capa deben usarse para una revisión visual, donde sea práctico. Esto asegura el recubrimiento completo de cada capa. Ver si no hay puntos de alfiler, o agujeros, y si estos existen, se tendrán que volver a pintar. En acabados delgados, revisar dos veces con un detector de poros, para tratar de descubrir y corregir defectos.

Generalmente los acabados para mantenimiento no requieren esta revisión. Sin embargo, cuando las condiciones de exposición son severas, se recomienda revisar si hay puntas de alfiler o agujeros y si existen volver a pintarlo lo antes posible.

- Espesor de película seca (EPS). Es adecuado espesor de la película seca es uno de los requisitos más importantes para un sistema de recubrimiento. Los estándares de espesores mínimos deben seguirse para asegurar un completo recubrimiento. Cuando se elaboren especificaciones para productos DuPont, debe incluirse el espesor de la película seca. El uno del "numero de capas" no es un buen sustituto. La medición del espesor de la película seca en sustratos de acero puede hacerse con diversos instrumentos disponibles en el mercado.
- Espesor de película húmeda (EPH). Si el sustrato es más o menos uniforme, es fácil y valioso medir el espesor de la película seca.

Las lecturas del espesor de la película húmeda pueden ser una gran ayuda para uniformizar la aplicación de la pintura y predecir el espesor

¹ PETROLEOS MEXICANOS, "Sistemas de Protección Anticorrosiva", 2^a ed., Ed. Taller Gráfico de Petróleos, México, 1972, pp 18

de la película seca si se usa adecuadamente. Cuando se aplica una película sin pérdida de solvente a un panel de superficie perfectamente lisa, el espesor de película húmeda multiplicado por los sólidos en volumen, dará el espesor de la película seca. Sin embargo, hay muchas variables dentro de este cálculo, por ejemplo: la adición de thinner, la pérdida de solventes durante la aplicación, el intervalo entre la aplicación y la toma de lecturas, (al evaporarse el solvente, el volumen de sólidos aumenta), el rango de evaporación de los thinners y solventes usados, la temperatura ambiental y del metal, la rugosidad de la superficie, el flujo de aire, la contaminación ambiental, etc. así pues, la mejor técnica para establecer la correlación adecuada es correr varias pruebas de espesor de película seca en el mismo producto, aproximadamente a la misma temperatura y los mismos métodos de aplicación.

Otro método bastante exacto es colocar una lamina de metal previamente calibrada en el sustrato y determinar el espesor después de aplicada la pintura. Este método es exacto, y trabaja sobre metales no ferrosos, pero requiere reparación donde quedo la lamina. Existen también medidores de película húmeda.

* DUPONT, "Catalogo de Productos"

CAPITULO V.
RUTA CRITICA.
INSPECCIÓN.
SEGURIDAD.
CRITERIOS DE MEDICIÓN.
MUESTREO.
FALLA DE RECUBRIMIENTOS.

CAPITULO V. SUPERVISION Y CONTROL.

V.1. RUTA CRITICA.

La ruta critica es un sistema de control de tiempos y de organización, y de actividades a realizar de un determinado proyecto, ya sea de construcción, supervisión y control, investigación, y así mismo de la vida cotidiana.

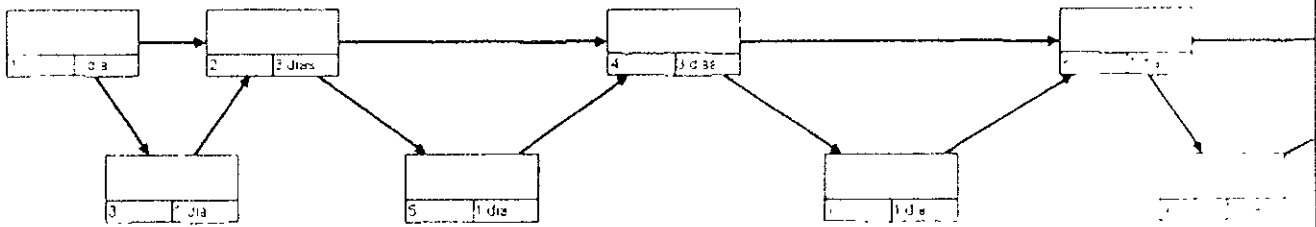
En la ruta critica existen dos métodos de hacer este tipo de sistema de control y organización: la ruta por medio de nodos y la de flechas, las cuales sirven y tienen las mismas aplicaciones, pero en cada uno varían en sus términos.

En ruta critica podemos encontrar una infinidad de aplicaciones, no solo en el campo de la Ingeniería Civil, sino en empresas ajenas a este campo, como puede ser la Banca, ya que este sistema de organización es muy preciso y fácil de usar.

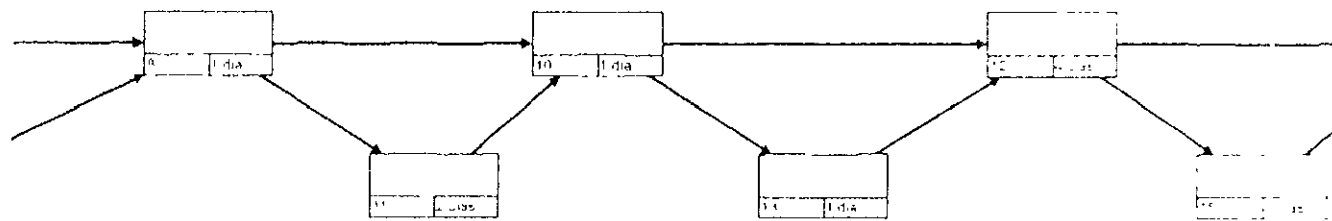
V.1.1. ACTIVIDADES.

1. Colocación de juntas ciegas
2. Realizar trabajos de tubería, para conectar bombas y líneas para trasegar el tanque.
3. Limpieza y desasolve de drenajes.
4. Trasequeo del tanque.
5. Prueba de libertad de flujo en los drenajes.
6. Vaporización del tanque.
7. Pruebas de tierras y alumbrado.
8. Abrir registros hombre.
9. Retiro y traslado del agitador al taller para su revisión.
10. Personal calificado, inspeccionará y valorara la toxicidad y explosividad del tanque.
11. Calibrar el primer anillo del tanque, por personal calificado.
12. Limpieza y retiro de lodos aceitosos en tambores de 200 lt. Nota: dependerá del reporte del personal calificado de inspección y seguridad, utilizando equipo de respiración.
13. Traslado y montaje del agitador.
14. Retiro de tambores del dique del tanque y transportación al lugar descrito por el departamento de ecología de Pemex.
15. Aplicación del anticorrosivo en estructuras semipesadas, así como líneas de entregar y recibir.
16. Se calibrara el piso y cúpula del tanque; inspeccionado por el departamento de Ing. Civil.
17. Traslado de laminas de 3/16" de espesor, para colocarlas en el piso del tanque.

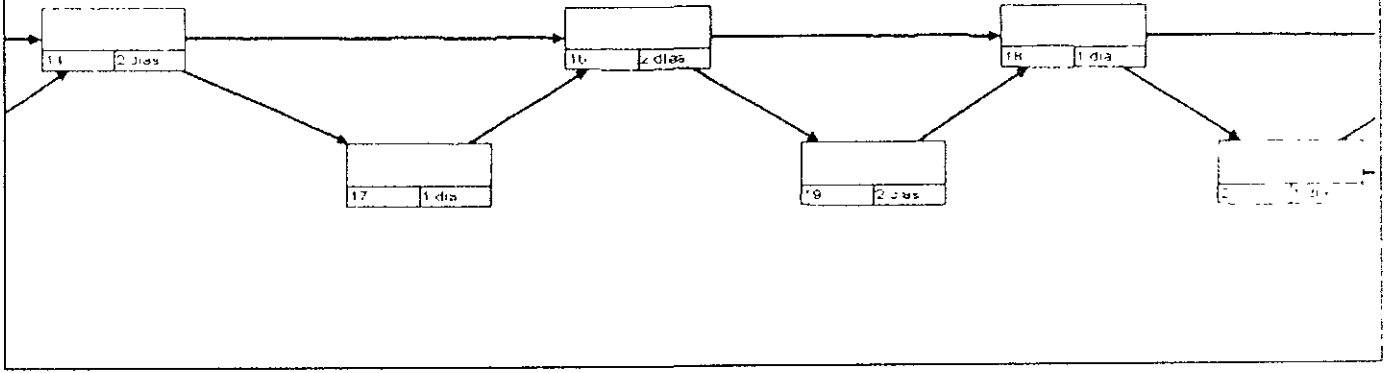
FUJTA CRÍTICA DEL MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE BARRIO 5



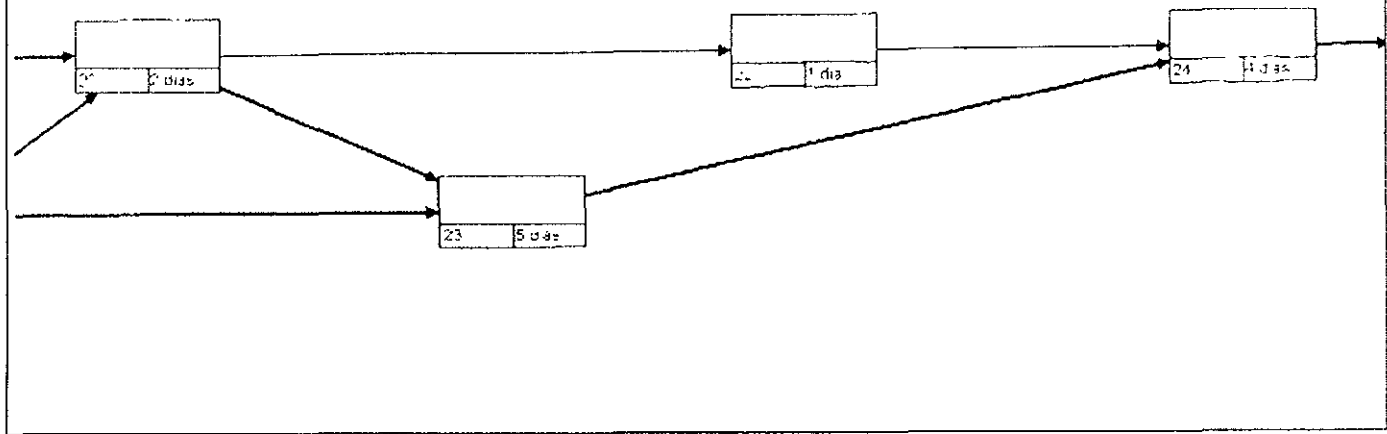
ruta crítica de mantenimiento de trabajo de a macromanente de cascadas de 2994 E.C.



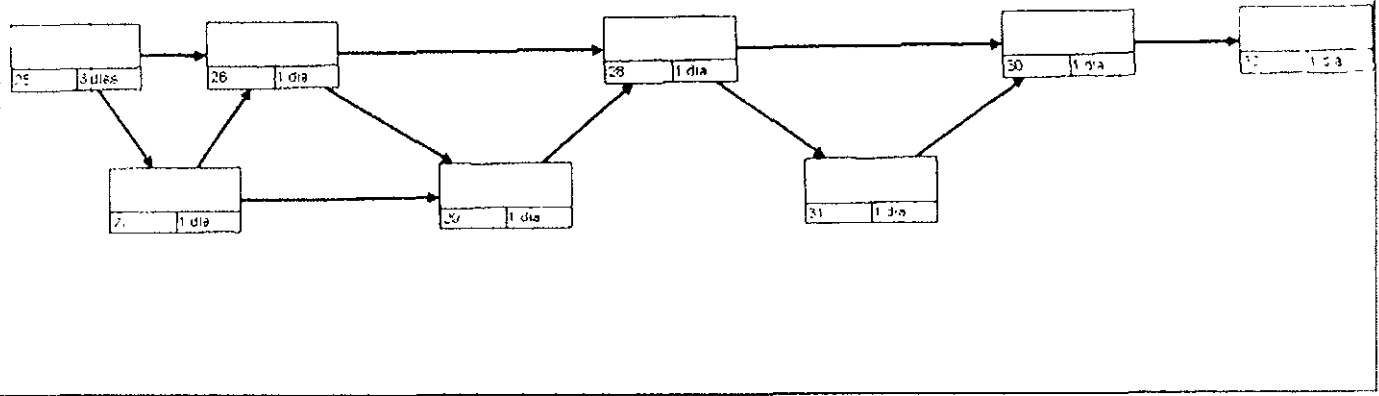
RLTA CRITICA DEL MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CAPACIDAD DE 26200 RLS



ROTA CRÍTICA DEL MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CAPACIDAD DE 158 M³ ELS



RUTA CRITICA DEL MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE CAPACIDAD DE 20000 BBL



18. Preparar equipo para limpieza con chorro de arena, en laminas
19. Paileros y soldadores trazaran y cortaran laminas para su posterior colocación.
20. Samblaseado de laminas interiores, así como la inmediata aplicación del primario.
21. Se inicia la aplicación del recubrimiento anticorrosivo
22. Se realizaran maniobras para retirar las laminas que se reemplazaron.
23. Se colocara el piso y cúpula del tanque, aplicando cordones de soldadura.
24. Samblaseado en piso y pared del tanque, así como la aplicación del primario.
25. Aplicar recubrimiento anticorrosivo en piso y pared del tanque.
26. El Ing. Civil calibrara el primario en todo el interior del tanque.
27. El Ing. Civil calibrara la película del acabado anticorrosivo del interior del tanque
28. Reconocimiento del Ing. operador de todo el trabajo.
29. Limpieza final del dique del tanque.
30. Cierre del tanque.
31. Protocolo de entrega.
32. Visto bueno del Superintendente del área de almacenamiento.

V.2. INSPECCIÓN.

Inspección de los recubrimientos es la labor de probar y medir las películas aplicadas.

V.2.1. INSTRUMENTOS USADOS PARA LA INSPECCIÓN DE RECUBRIMIENTOS.

- Mikretest. Se utiliza profusamente para medir en milésimas de pulgada, los espesores secos de los recubrimientos.
- Elcometro. También para medir aspersiones secas, es más preciso, pero requiere mayores cuidados para no dañarlo.
- Nordson. Para medir aspersiones en húmedo, es decir cuando están aplicando los recubrimientos. Consta de un cuadro metálico giratorio en una placa que se utiliza para sujetarlo. Dicho cuadro consta de varios dientes a diferentes niveles, los se manchan de pintura cuando se oprime un lado del cuadro sobre la superficie que se pinta. El último en mancharse nos está señalando el espesor de la aplicación.
- Manómetro con aguja hipodérmica. Es un manómetro que tiene instalada una aguja hueca, la cual se introduce en el espesor de las mangueras de sopleteo, a las que previamente se les hace circular el aire que se utiliza en todo el equipo de sopleteo, pero sin abrasivos. Nos indica la presión real en boquilla y que puede resultar menor que la que produce el compresor.

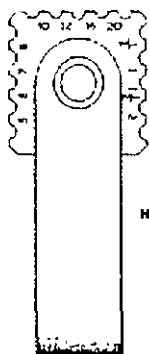
- **Detector de porosidad.** Se utiliza para registrar continuidad de película aplicada. Consta de una caja en la que se colocan una o dos pilas secas bajo un sistema del que depende en un polo, un alambre cuya punta se pone en contacto con una parte de la superficie metálica previamente limpiada del recubrimiento, y en el otro polo tiene un alambre conectado a una esponja que mojada en agua, se recorre sobre la superficie aplicada. Si encuentra una parte o poro sin recubrimiento, se cierra el circuito y hace sonar un timbre o vibrador para señalar la falla del recubrimiento.

- **Flash -- o -- lent.** Es una lámpara de mano con pilas secas que en lugar de reflector tiene un aditamento de hule en el cual está colocado una lente de aumento que permite ver la calidad de limpieza con abrasivos, así comparar la profundidad del perfil, producidos por los abrasivos con las placas – patrón que señalan el anclaje.

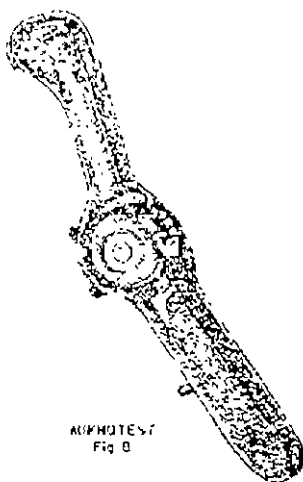
- **Higrómetro.** Este es un aparato que se utiliza para medir el porcentaje de humedad relativa en el ambiente.

- **Equipo misceláneo.**
 1. **Navaja.** Se usa para revisar la adhesión y la flexibilidad de un recubrimiento.
 2. **Higrómetros.** Son auxiliares en la determinación de la humedad relativa del medio ambiente. Con humedades relativas mayores al 85%, no debe permitirse la aplicación de recubrimientos.
 3. **Peine de ranuras.** Se usa para la prueba de adherencia en el campo, con cinta adhesiva de papel.
 4. **Mallas U.S. standard.** El juego de mallas, tiene por objeto determinar periódicamente la granulometría de la arena para limpieza como parte de control de calidad de preparación de superficies.*
 5. **Micrómetro.** Para mediciones directas de espesor total es necesario disponer de un micrómetro adecuado.

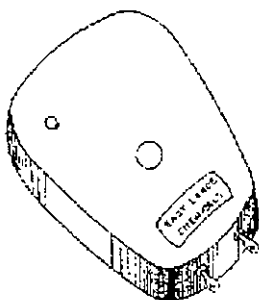
* ILICK EVANS, "The Corrosion and Oxidation of Metals", 4^a Ed., St. Martins Press Inc., Gran Bretaña, 1960, pp 133 y 134



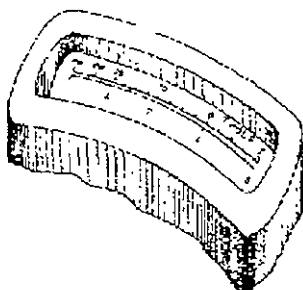
MICROSON
Fig. A



ALPHATEST
Fig. B



SLOCOMETRO
Fig. C



V.2.2. CONDICIONES AMBIENTALES.

- **Temperatura** El rango de temperatura óptimo para la aplicación del acabado es de 15 a 32° C. El acabado no debe aplicarse debajo de 5° C, o arriba de 38° C. La temperatura del metal a pintar no debe estar por debajo de 5° C o por arriba de 43° C, al tiempo de aplicar. Las temperaturas del metal arriba de 32° C, puede producir poca facilidad del manejo de la brocha, aunque sea una brocha de muy buena calidad, y pueda ocurrir cualquiera de los casos siguientes:
 - a) Se desprenda la pintura fresca
 - b) Se deposite contaminación química
 - c) Puede causar manchas en el acabado
 - d) Empobrece las propiedades de la película.
- **Atmósferas químicas.** Para eliminar la contaminación química entre capas, el sistema de acabado debe ser completado en el menor tiempo posible, de acuerdo con el secado correspondiente de cada capa. Si ocurre contaminación química entre capas, esta debe ser removida lavando con agua y solvente la superficie y secándola antes de aplicar la siguiente capa.*

V.3. SEGURIDAD.

La gran mayoría de los recubrimientos contienen sustancias que son inflamables y/o tienen algún grado de peligro para la salud.

En base a los anterior se han establecido criterios para asegurar que los trabajadores estén totalmente seguros y protegidos de los peligros a los cuales están expuestos durante la aplicación del recubrimientos, principalmente en áreas cerradas o confinadas.

En algunos países se han clasificado como materiales peligrosos a los que tienen una o mas de las siguientes características:

1. Punto de inflamación menor a 93° C en copa cerrada o que estén sujetos a calentamientos espontáneos.
2. Cuando el límite del valor permisible es de 500 ppm para gases y vapores, de 5 mg/m³ para polvos, vapores niebla y de 0.70 ppm/m³ para polvos minerales.
3. Una dosificación oral de 500 mg/kg.
4. Ser oxidante o reductor fuerte.

* UHLING H H , "The Corrosion Handbook", 7 Ed , John Wiley and Sons, EUA. 1961, pp 142.

5. Causar quemadura de primer grado en la piel en tiempos cortos de exposición o intoxicación por contacto por la piel
6. Que demuestre ser irritante a la piel y ojos o vías respiratorias.
7. Que en el curso normal de la operación pueda producir polvo, gases, vapores niebla que tengan una o mas de las características antes mencionadas.

Un recubrimiento puede ser considerado peligroso para la salud cuando sus propiedades son tales que puedan causar lesiones directas o indirectas por exposición, contacto, inhalación o ingestión

Las sustancias peligrosas en los lugares de trabajo, en cualquier forma o concentración puede causar daños graves o crónicos a la salud de los trabajadores que están expuestos a estas sustancias, por lo tanto resulta indispensable que los trabajadores conozcan las propiedades y el peligro potencial de las sustancias que manejan, estos conocimientos son esenciales para reducir la incidencia de los accidentes de trabajo.

El limite de valor permisible se refiere a la concentración en el aire de las sustancias peligrosas y representa las condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos varias veces en el día sin sufrir efectos adversos, aunque es de reconocer que existe una gran variación en el comportamiento individual de los trabajadores.

El limite permisible esta basado en la información de experiencias en la industria, experimentos y estudios en humanos y animales. Las bases con los cuales estos valores fueron establecidos pueden diferir de sustancia a sustancia.

Por ejemplo: las resinas epoxicas y compuestos usados en los recubrimientos epóxicos, son particularmente irritantes a la piel. Las reacciones comunes de las personas sensibles son hinchazón en los párpados o labios, saipullido en la piel, etc..

Generalmente todos los solventes de los recubrimientos son altamente inflamables en forma liquida y los vapores formados durante la aplicación son explosivos, si la concentración es suficientemente alta en áreas cerradas.

Hay dos factores que regulan la combustión de los vapores de solventes en el aire:

1. Los vapores no soportan combustión hasta que alcanzan la temperatura de inflamación;
2. Existe un rango definido de relación aire – vapor que permite la combustión. Si la concentración del vapor no alcanza el limite permisible o se exceda, la ignición no llega a ocurrir.

El punto de inflamación de un líquido es la temperatura a la cual la concentración de vapor es suficiente, para formar una mezcla inflamable junto con el aire

El límite de explosión es el rango es el rango de concentración de gas o vapor (volumen de vapor del solvente en el aire), el cual puede incendiarse o explotar, si una chispa o flama esta presente.

El límite de explosividad ayuda a determinar el volumen de ventilación necesario en áreas cerradas para prevenir incendios o explosiones. Estos límites están dados a presión atmosférica y temperatura de 20° C.

V.3.1. VENTILACION.

Para evitar el peligro de algún incendio, explosión, daños a la salud, etc. se debe tener precaución de seguir las siguientes reglas de seguridad:

- Suministrar una ventilación adecuada para mantener las concentraciones del solvente en todo el tanque abajo del límite inferior explosivo. Esta ventilación deberá mantenerse durante el período completo de aplicación y por lo menos 3 horas después de finalizado.
- Se requiere usar una mascarilla con aire comprimido para todos los trabajadores en los tanques y áreas encerradas. Estas mascarillas pueden ser adquiridas con facilidad.
- Remover los vapores del solvente por succión. No se inyecte aire. Los solventes de los productos AMERCOAT son mas pesados que el aire y por lo tanto tienden a depositarse en la parte inferior del tanque. Siendo necesario que las áreas mas bajas y remotas reciban una atención especial.
- Úsese equipo a prueba de chispa y explosión. Todos los cables eléctricos motores y equipos de iluminación deberán ser a prueba de explosión. No deben permitirse dentro del tanque, interruptores o cables en mal estado que puedan producir chispas, todas las herramientas deberán ser del mismo tipo. Los zapatos de los trabajadores deberán tener suela y tacones de hule.
- Prohibir fumar, encender cerillos y producir flamas o chispas de cualquier especie.

V.3.2. SITIOS DE TRABAJO.

Antes de iniciar el trabajo, una reunión previa es muy aconsejable. Dependiendo del proyecto, esta reunión deberá estar presidida por experto en seguridad, representantes de la obra, personal supervisor del contratista y un representante de la gerencia. Esta reunión deberá incluir el programa de trabajo, condiciones de trabajo y las reglas de seguridad. De ser posible de hacer un recorrido en el lugar donde se va a trabajar, esto hace posible identificar visualmente los riesgos, y entonces, discutir como evitarlos. Los temas a tratar en esta reunión de pre – arranque son:

- Fuentes de posible fuego o explosión y como evitarlos.
- Substancias tóxicas presentes, peligros de explosión, métodos de prevención (plantas de cloro) y que hacer en caso de exposición.
- Localización de los boletines técnicos en sitio.
- Fuentes de alto voltaje y como prevenir entrar en contacto con ellas.
- Localización de mangueras, extintores y estaciones de primeros auxilios.
- Sistemas de alarma, que significa cada una de ellas y como actuar cuando estén accionando.
- Planes de emergencia en caso de evacuación del sitio.
- Otras cuadrillas trabajando en las proximidades.

V.3.3. EQUIPO.

Los peligros previos a la limpieza con abrasivo son originados por el aire a presión, el abrasivo desplazándose a alta velocidad y el polvo que se genera. Es muy importante seleccionar y mantener cuidadosamente los recipientes del trabajo.

Los trabajadores deberán protegerse mediante un adiestramiento. Se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Selección de mangueras y accesorios adecuados a la presión que se este manejando.
- Inspeccionar diariamente las mangueras para abrasivo.
- Delimitar áreas para evitar daño mutuo.

- Conectar a tierra el equipo de limpieza
- Cascos o capuchas con alimentación de aire independiente y compatible con otras líneas de aire.
- Sistema de señales (radio o sonido)

V.3.4. EQUIPO DE PINTURA.

Los riesgos que se asocian con el equipo de atomización de pintura son originados principalmente por el manejo de materiales a presión. De nueva cuenta un adiestramiento apropiado y el uso de equipo protector, puede ayudar a evitar daños a la salud, tomando en cuenta lo siguiente:

- Uso de mascarillas.
- Uso de lentes intercambiables o de fácil limpieza.
- Cuando se use equipo de aspersión Airless, mantenga una sesión de adiestramiento previa al uso del mismo.
- Con equipo Airless, asegúrese que las mangueras y accesorios sean para la presión utilizada.
- Verificar que las válvulas de seguridad estén limpias y operables.

V.3.5. EQUIPO DE ACCESO.

Con frecuencia las áreas a limpiar y pintar son muy altas y requieren el uso de equipos especializados para tener acceso a ellas. Este equipo incluye andamios, cinturones de seguridad, etc.. Es conveniente solicitar a los proveedores de tales equipos, adiestren al usuario algunas cosas que deben tomarse en cuenta al usar estos equipos, como.

- Carga límite del equipo y nunca excederla.
- Uso de cinturones de seguridad conectados a sitios seguros.
- No asegurarse del mismo equipo de acceso.
- Inspección del equipo antes de ser utilizado por el interesado.

V.3.6. MATERIALES.

Los peligros relacionados con los recubrimientos son la toxicidad, fuego o explosión, por lo anterior, debe considerarse lo siguiente:

- Consulte las recomendaciones de seguridad que marca el fabricante.
- Asegúrese que en áreas confinadas tales como interiores de tanques, estén apropiadamente ventilados para prevenir concentraciones explosivas de solventes. Debemos recordar que los vapores de los solventes usados en pinturas son mas pesados que el aire.
- Evite posibles fuentes de ignición como equipo de soldadura, que puede ser causa de que los solventes exploten.
- Extinguidores de fuego a la mano o lo mas cercano posible del lugar donde se esta pintando.
- Desarrolle una actitud positiva acerca de la seguridad. La actitud de que otros les pasa o les puede pasar un accidente y a nosotros no, es el origen de la mayoría de los percances.

V.3.7. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.

Bajo seguridad, hay algunas precauciones generales aplicables cuando al pintar hay heridas, riesgos de incendios, o para la salud. Además hay algunos riesgos peculiares de la aplicación de acabados, ya que algunos tipos de riesgos ya se mencionaron en el capítulo anterior, aquí se mencionaran algunos otros:

- Aspersión por aire. Es relativamente segura, pero debe tenerse cuidado con altas presiones en la toma. Rara vez se necesitan presiones mayores de 40 psi. Las líneas de fluido deben conservarse limpias. Deben tomarse las precauciones usuales con los vapores de solvente en áreas cerradas y con excesiva inhalación de partículas debido a este tipo de aspersión.
- Aspersión sin aire. Utiliza presiones de fluido de 1600 a 4000 psi, que si son peligrosas. Las líneas de fluido deben conservarse limpias. El extremo de la pistola, con o sin boquilla en su lugar, no debe acercarse a la piel. Esta pintura saliendo bajo alta presión directamente del orificio de la pistola, puede fácilmente traspasar la piel y el liquido puede llegar a penetrar el cuerpo. La presión debe bajarse o suspenderse cuando cambien las boquillas, o cuando se limpie la pistola. Generalmente las mangueras rotas representan problemas solamente en el instante de la ruptura, pero aun así esparcirán la pintura por toda el área.

- Limpieza. Ya que la aplicación, particularmente con aire o sin él provoca que el personal se ensucie con la pintura, hay un riesgo en su limpieza, generalmente la pintura no afecta a la piel, pero el limpiarla con solvente sí puede afectarlo.

Muchos acabados de mantenimiento industrial se aplican con aspersión. Un flujo de aire inadecuado puede resultar en acumulación de polvo de pintura y en un riesgo de incendio.

No se debe soldar, ni martillarse cerca del área donde está pintando, ni mantener fuego cerca.

No se deberá usar productos secantes de aceite y lacas de nitrocelulosa en la misma cambian de aspersión, pues puede producirse combustión espontánea.

V.4. CRITERIOS DE MEDICIÓN.

V.4.1. UNIDADES EN PRECIOS UNITARIOS.

Los trabajos efectuados se medirán tomando como unidades las que se indican a continuación y con base en los planos del proyecto.

- La unidad de superficie para los trabajos en tanques, recipientes y similares, será el metro cuadrado (m²).
- La unidad correspondiente para los trabajos en líneas de conducción, tuberías y similares, será el metro lineal (m).
- La unidad para trabajos en estructuras y similares será:
 1. Para trabajos nuevos, el kilogramo o el metro cuadrado de superficie recubierta.
 2. Para trabajos de mantenimiento, las mismas que en el caso anterior y excepcionalmente será el lote o la pieza.
- La unidad para los trabajos en válvulas, accesorios y similares será la pieza.

V.4.2. CONCEPTOS DE TRABAJO.

Forma de pago. Los trabajos efectuados en algunas veces por contratistas se pagarán a precios unitarios con base en las áreas, dimensiones y pesos estipulados en los planos del proyecto, donde quedarán incluidos: tuberías, accesorios, escaleras, pasillos, etc.

Para cada una de las partes, podrá estipularse un precio unitario diferente.

Contratación total o parcial. Según se estipule en la orden de trabajo expedida por Petróleos Mexicanos, o en el contrato correspondiente, los diferentes conceptos podrán ser contratados en su totalidad o bien parcialmente.

Limpieza. Se pagar el precio estipulado en los precios unitarios fijados en la orden de trabajo o en el contrato, tomando como unidades el metro cuadrado, el metro lineal, o la pieza, según la fracción "Unidades en Precios Unitarios" y como base los planos del proyecto.

En este precio esta incluido: el uso de equipo, maquinaria, herramientas, materiales y mano de obra, necesarios para efectuar todas las operaciones de limpieza incluyendo la supervisión, inspección y pruebas.

Aplicación del recubrimiento. Se pagara el precio o precios unitarios fijados en la orden de trabajo o en el contrato, tomando como unidades el metro cuadrado, metro lineal o la pieza, según la fracción "Unidades de Precios Unitarios" y como base los planos del proyecto; en este precio esta incluido: el uso de equipo, maquinaria, herramientas, materiales y mano de obra, necesarios para efectuar todas las operaciones de aplicación del recubrimiento incluyendo la supervisión, inspección y pruebas.

V.5. MUESTREO.

De cada lote de 400 litros o fracción, se tomara al azar una muestra de un litro, la que será representativa del mismo. Dicha muestra será sometida a todas las pruebas y análisis indicados en la especificación correspondiente.

En caso de tener alguna falla en cualquiera de las pruebas, el lote será rechazado.¹

V.6. FALLAS DE RECUBRIMIENTOS.

V.6.1. GENERALIDADES.

Cuando los recubrimientos han sido empleados para proteger las instalaciones contra los efectos de la corrosión y dicha protección no ha sido efectiva, durante el plazo esperado, puede atribuirse a faltas originadas por mala preparación de la superficie, selección inadecuada del material, deficiente calidad del mismo,

¹ PETROLEOS MEXICANOS. "Sistema de Protección Anticonosiva". 1ª Ed., Taller Grafico de Petroleos, Mexico, 1972, pp 89 y 90

incorrecta aplicación del recubrimiento, condiciones atmosféricas inapropiadas durante la aplicación, e inspección deficiente, o por la combinación de algunas causas.

Las características más comunes de las fallas que se presentan en los recubrimientos, así como la manera de evitarlos, son las que se describen a continuación.

V.6.2. DISCONTINUIDADES DE LA PELÍCULA.

Si la corrosión se presenta en forma de puntos de oxidación más o menos extendidos, se debe a discontinuidades de la capa del recubrimiento, motivadas por la mala aplicación con pistola de aire, falta de fluidez del material que no penetra en las irregularidades de la superficie del metal.

Esta falta se evita si el recubrimiento se aplica en varias capas.

V.6.3. PERDIDA DE ADHESIÓN.

La película del recubrimiento queda a la superficie metálica por atracción molecular o por la unión mecánica entre ambos. Al no ocurrir lo anterior, la película se desprende fácilmente.

Para evitar esta falla, es necesario emplear recubrimientos primarios basándose en materiales que tengan una buena adherencia sobre la superficie metálica y que esta se prepare convenientemente, para eliminar cualquier material extraño que implica el contacto íntimo entre ellos.

También puede ocurrir pérdida de adhesión entre las diferentes capas del recubrimiento. Esta falla se presenta cuando:

Para el caso de la aplicación con brocha, se recomienda que el recubrimiento nuevo se aplique sobre el recubrimiento viejo después de que este ha sido reblandecido con algún solvente o lijado con el fin de aumentar su rugosidad.

V.6.4. AMPOLLAMIENTO.

El ampollamiento es causado por gases o líquidos en o bajo la pintura, que ejercen una presión mayor que la adhesión o cohesión de la pintura en el área bajo esfuerzo.

El ampollamiento se presenta principalmente en los recubrimientos cuando estos se encuentran expuestos a ambientes húmedo y a contaminación entre capas, o cuando el recubrimiento se seca con demasiada rapidez.

La formación de ampollas por líquidos, se evita con el empleo de un recubrimiento primario que presente buena adherencia y un acabado altamente permeable.

Las ampollas por vapores de solventes, se evitan si el recubrimiento se formula convenientemente para impedir un secado demasiado rápido o también si se aplica en capas suficientemente delgadas.

V.6.5. AGRIETAMIENTO.

El agrietamiento es el resultado de esfuerzos mecánicos que actúan sobre la película de recubrimientos y su magnitud depende de la flexibilidad y adhesión de los mismos.

El agrietamiento se evita únicamente por la formulación de los recubrimientos basándose en ingredientes que presenten una flexibilidad satisfactoria.

V.6.6. CORRUGADO.

Se presenta en recubrimientos que han sido aplicados en capas gruesas que secan rápidamente por efecto de la temperatura o por un exceso de agentes secantes de la superficie. Para aminorar este efecto, los recubrimientos se deben aplicar bajo las condiciones de secado para los cuales fueron formulados, y en capas de un espesor conveniente de acuerdo con el instructivo de aplicación.

V.6.7. CALEO.

Consiste de la flotación de polvo sobre la superficie del recubrimiento, ocasionado por la destrucción del vehículo a consecuencia de la acción combinada de los rayos solares y del oxígeno.

El caleo excesivo solo se evita con la formulación apropiada del recubrimiento, para lo cual se debe tener en cuenta la naturaleza química del vehículo y su resistencia a la intemperie, así como la relación de vehículo a pigmento. Los recubrimientos con un bajo contenido de vehículo se calean rápidamente.

V.6.8. CORROSIÓN DE BAJA PELÍCULA.

Ataca el metal debajo de la película y se presenta en dos formas: granular y filiforme. La primera se caracteriza por la presencia de áreas granuladas e irregulares; la segunda tiene aspectos de filamentos.

Se debe a defectos en la preparación de la superficie, permeabilidad del recubrimiento o falta de adherencia del mismo.

Esta falta se evita con el empleo de recubrimientos que tengan una alta resistencia al paso de los agentes corrosivos y que además hayan sido aplicados en forma tal que no queden sobre la superficie metálica grietas o cavidades que no hayan sido debidamente impregnadas con el recubrimiento.

MARRIPHAN T. WIGGIN "American Civil Engineers", 5ª ed., Ed. John Wiley & Sons, 1979, pp 130-131

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El estudio de los anticorrosivos tiende a ser una parte del trabajo del Ingeniero Civil dedicado a la supervisión y el control de los efectos nocivos ocasionados por el intemperismo en tanques, requiriendo así a un tratamiento de especial atención, en el cual se deben tomar las máximas precauciones indicadas por los diferentes fabricantes; como se ha explicado en los temas componentes de este trabajo de investigación.

Se encontró que se tienen diferentes métodos de aplicación de los anticorrosivos; por lo que es de primordial importancia que el Ingeniero Civil que trabaja para Petróleos Mexicanos y que está directamente en contacto con el uso de los anticorrosivos, aproveche la experiencia que se va obteniendo en el transcurso del tiempo al estar integrado en un equipo de trabajo de Ingeniería Civil Industrial.

Al Ingeniero Civil se le instruye en la teoría de una forma general, acerca de los recubrimientos existentes, de una manera empírica, así como también en la forma de aplicación y de los medios a los que estarán expuestos como son: los químicos en que se someten, la abrasión, altas temperaturas; formando revestimientos en paredes de distinto espesor a los que se utiliza como anticorrosivos y una serie de propiedades ya señaladas en el tema referente a la selección de un anticorrosivo,

Sin embargo, en su almacenaje, mezclado, aplicación y manejo práctico con los anticorrosivos, existen algunos aspectos que los hacen similares, pero esto no quiere decir que las recomendaciones efectuadas para ambos tipos sean de una manera igual.

La aplicación de los anticorrosivos requiere de una mano de obra especializada, una correcta aplicación, así como de un secado eficiente, obteniéndose como resultado una buena operación y un satisfactorio resultado en los equipos en donde son aplicados.

Así también, un correcto empleo y aplicación de los anticorrosivos nos proporcionara una gran economía en la reparación del equipo principal de las plantas de proceso, así como en tanques de almacenamiento, y no solo en la área petrolera, si no que también en muchas industrias, incluyendo la de la construcción.

Es indispensable para todo Ingeniero Civil, dedicado al trabajo dentro de plantas de proceso e industrias de refinación, conocer las propiedades, aplicaciones y funcionamiento de los anticorrosivos; así como la selección correcta de los mismos, sin separarse de la experiencia que se va adquiriendo con el trabajo directo de estos materiales.

Un aspecto que fue de gran importancia en la elaboración de la investigación de los anticorrosivos, fue de que cada día hay mas productos encaminados a tener un buen desempeño de todo tipo de estructuras, así como del tratamiento de reparación y mantenimiento, ya que como se dijo al principio de este trabajo de investigación, *el conocimiento de estos productos, ayudara para realizar una selección correcta y esto reducirá las inversiones por reparaciones o mantenimiento*

La rehabilitación, y mantenimiento de tanques, plantas de tratamiento, tuberías y cimientos, es un gasto muy grande al principio, pero analizando el proyecto de rehabilitación y mantenimiento a largo tiempo, se obtiene que el proyecto aumentará su vida útil, y con esto la inversión a corto plazo.

La realización de este trabajo se llevo a cabo principalmente para que la experiencia y conocimientos de los Ingenieros Civiles que trabajan en PEMEX, dedicados a este tipo de trabajos, sea aprovechado y sirva de antecedente, así como de guía a las futuras generaciones de Ingenieros Civiles, que tendrán que resolver problemas debidos a la corrosión.

Por otra parte, me gustaria recomendar que se lleven a cabo mas estudios sobre este tema, ya que no ha sido estudiado a fondo por los Ingenieros Civiles; ya que *de llevarse a cabo mas estudios, podremos disminuir aun mas la inversión de recursos a corto plazo y será posible aumentar la vida útil de construcciones de todo tipo, principalmente en el mantenimiento civil industrial, que es tan amplio y variado.*

Es importante incentivar el seguir estudiando y analizando diferentes productos para conocer mas sobre los anticorrosivos, y todo lo referente a sus efectos, consecuencias, métodos, normatividad así como su comportamiento en las estructuras, principalmente en tanques de almacenamiento.

Es menester, hacer mención, que la investigación que realice sobre este extenso tema, fue con la intención de que se sigan realizando investigaciones referentes a como poder llevar acabo la supervisión y control de los sistemas de protección contra el intemperismo en tanques; no obstante que también pueda servir como guía y antecedente en el mantenimiento de todo tipo de instalaciones de la Industria Petrolera.

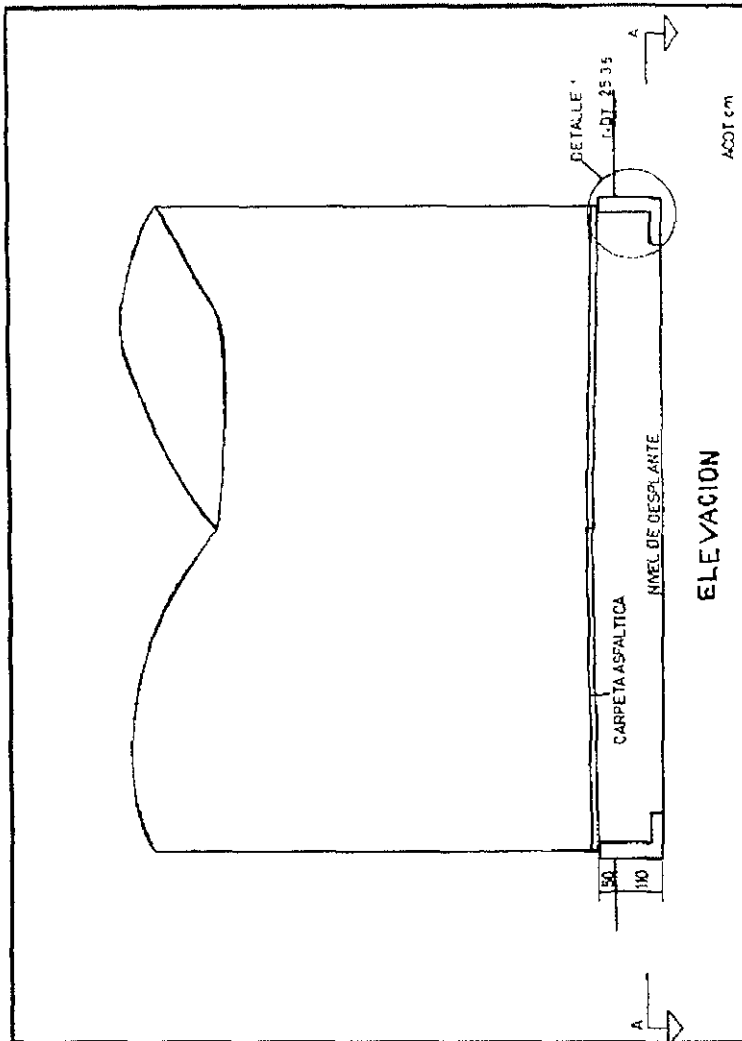
Por lo anteriormente expuesto, cabe solo recomendar que el uso de estos productos disminuye el costo de operación a largo plazo, ya que como es de esperar, son productos caros, pero muy efectivos en el combate de la corrosión en los diferentes medios en que este fenómeno se presente.

Además de los productos que en PEMEX se almacenan, los principales son la gasolina (en todas sus presentaciones), combustoleo y gases; es por ello que los productos mas empleados en el combate de la corrosión que estos derivados provocan son los acabados alquidálicos; además de los productos antivegetativos, que son empleados en el exterior de todo tipo de tanques de

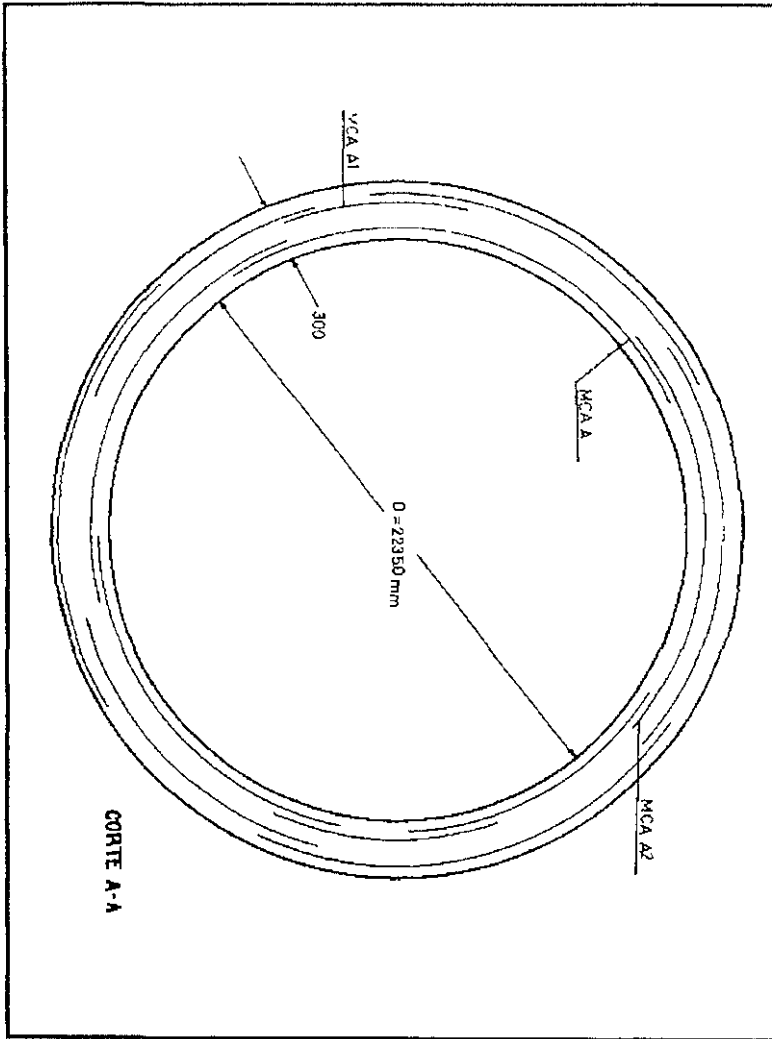
almacenamiento, ya que estos recubrimientos ayudan a que no crezca hierba y maleza en los alrededores de todo tanque. Estos recubrimientos son caros pero su uso es recomendable en todas las estructuras

Claro esta, los mejores productos son aquellos que puedan dar una garantía de que nos pueda brindar lo que estamos buscando, y esto es la economía, su fácil manejo, así como su fácil aplicación, además de que no sea tóxico al ser humano y al medio ambiente.

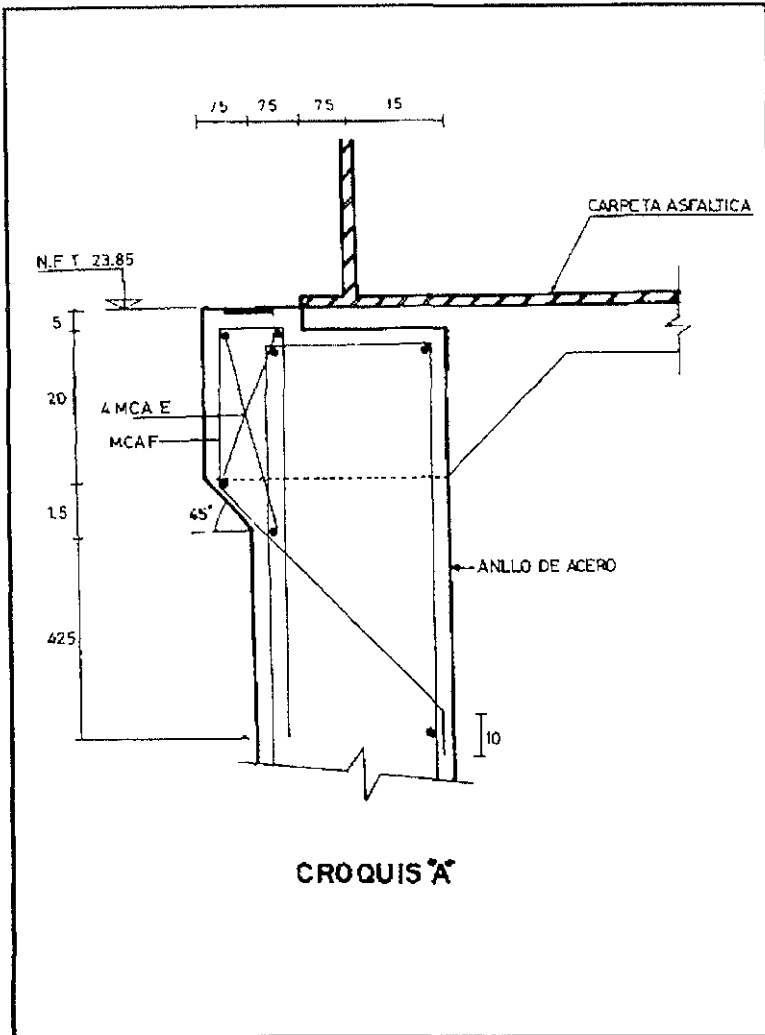
ANEXOS DE DETALLES Y FOTOGRAFICOS.



DETALLE DE CORTE EN ELEVACION



CORTE EN ELEVACION DEL ANILLO DE CIMENTACION.

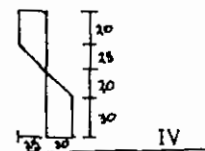
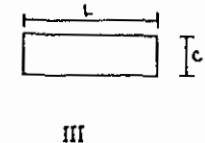
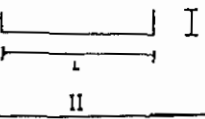
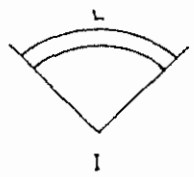


ACERCAMIENTO DEL DETALLE No. 1.

MARCA

LISTA DE VARILLAS

MARCA	TIPO	CAL	CANT	L.TOTAL	PESO KG.
I	A	8	32	1200	6336
I	A	8	11	436	209
I	A	8	11	355	156
III	B	4	463	160	738
I	C	4	463	160	137
I	G	4	4	7110	283
I	D	4	232	105	243
IV	F	4	232	136	314



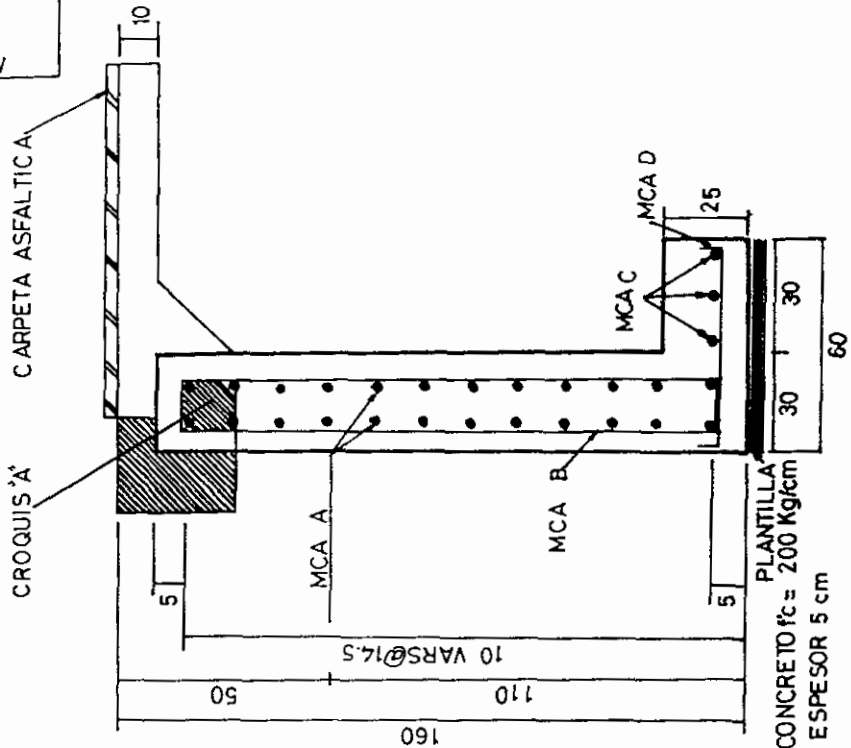
L LONGITUD MEDIA

CANTIDADES DE MATERIAL

CONCRETO $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$, 40 m^3

CONCRETO $f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$, 21 m^3

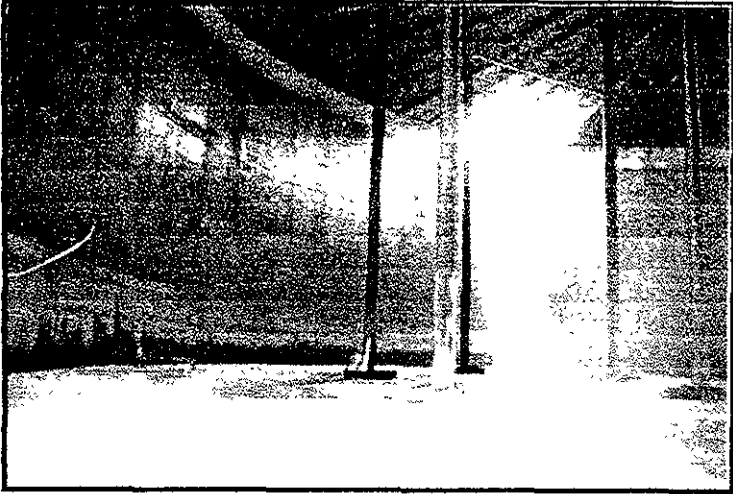
ACERO $f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, 8416 Kg



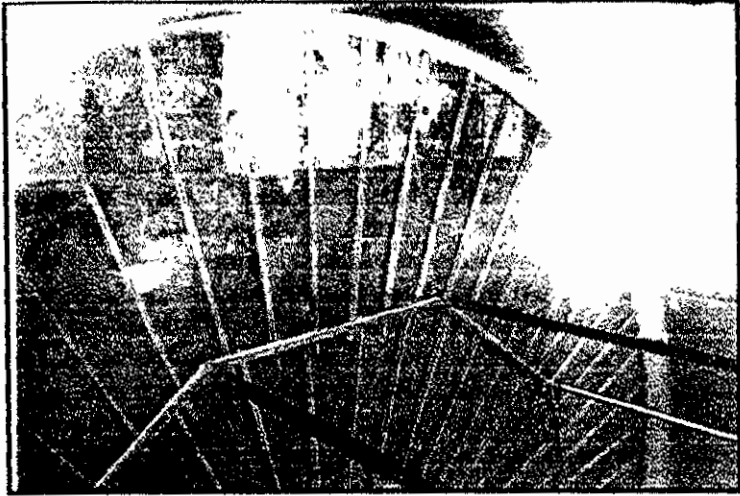
DETALLE I



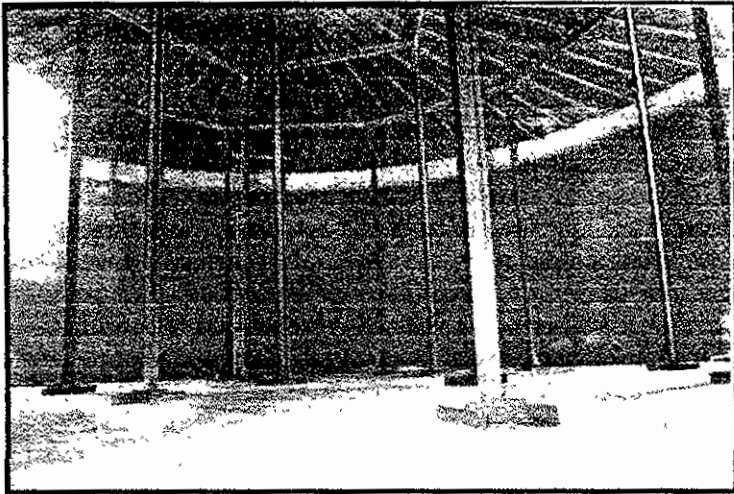
VISTA DEL TECHO DEL TANQUE.



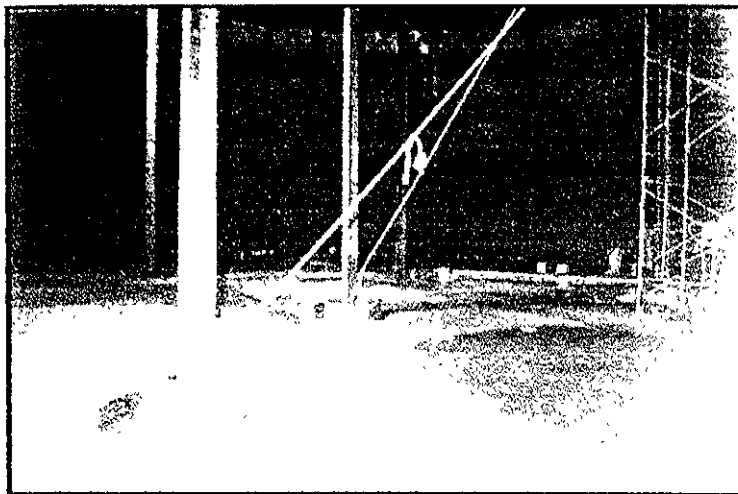
VISTA INTERIOR DEL TANQUE, ANTES DE REPARACION.



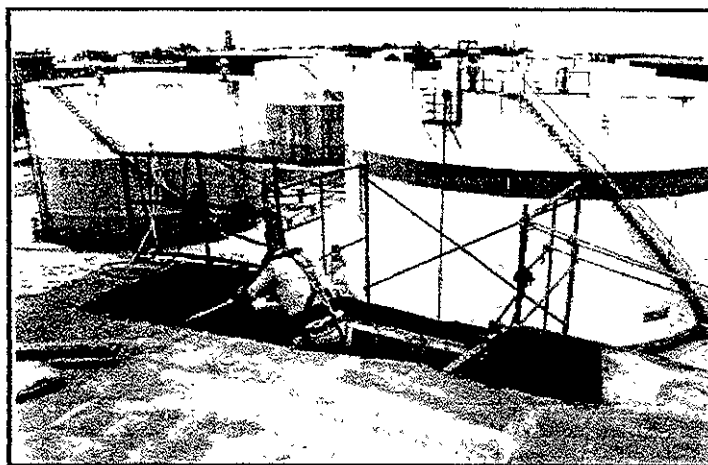
VISTA INTERIOR DEL TECHO ANTES DE REPARACION.



VISTA INTERIOR DE COLUMNAS ANTES DE REPARACION.



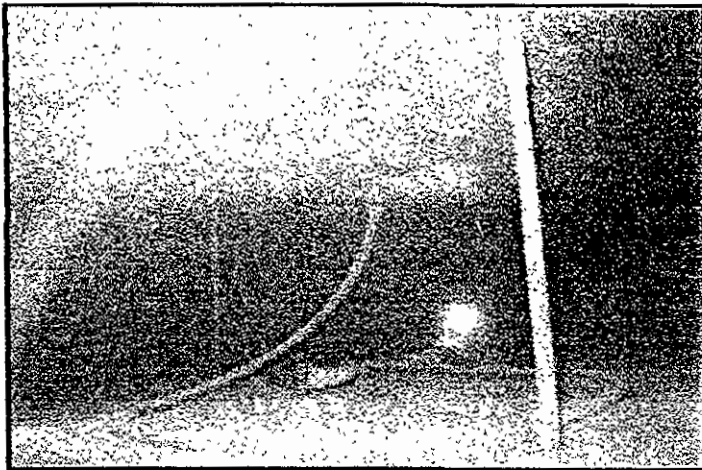
VISTA INTERIOR DESPUES DE REPARACION.



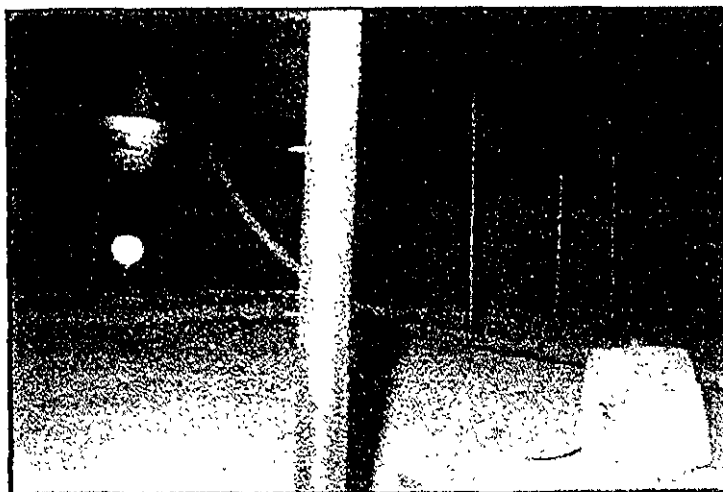
VISTA DEL TECHO EN REPARACION.



VISTA DE LA CORROSION DEL INTERIOR DE UN TANQUE DE TECHO FLOTANTE.



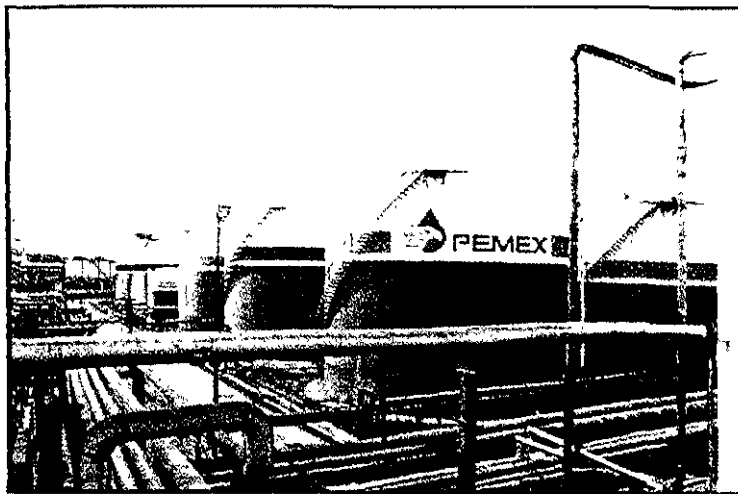
VISTA DE LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA DEL TANQUE.



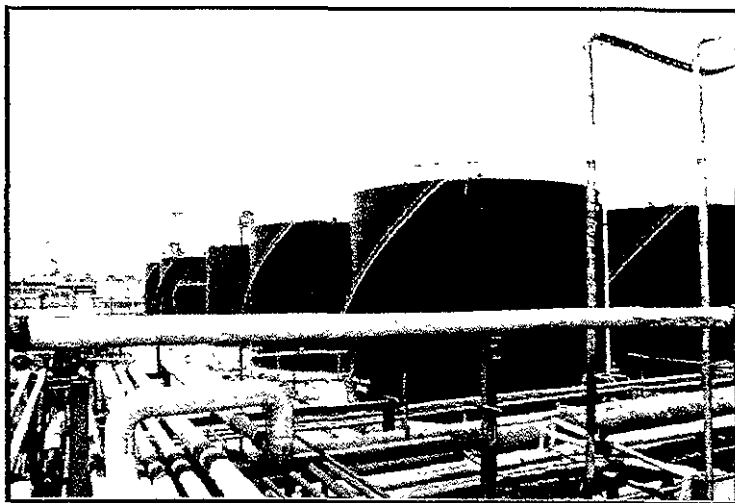
VISTA DESPUES DE APLICACIÓN DEL ANTICORROSIVO.



VISTA DESPUES DE COLOCACION DE TUBERIA.



VISTA EXTERIOR DEL TANQUE ANTES DE REPARACIÓN.



VISTA EXTERIOR DEL TANQUE DESPUES DE APLICACIÓN DEL PRIMARIO.

BIBLIOGRAFIA.

1. PETROLEOS MEXICANOS, "Sistemas de Protección Anticorrosiva", 2ª Ed., Taller Gráfico Petróleos, México, 1972.
2. PETROLEOS MEXICANOS, "Reglamento de Seguridad e Higiene", 3ª Ed., Taller Gráfico Petróleos, México, 1985.
3. PETROLEOS MEXICANOS, "Normas No. 2.314.03, Construcción de Tanques Atmosféricos", 3ª Ed., Taller Gráfico Petróleos, México, 1984.
4. PETROLEOS MEXICANOS, "Norma No. 5.214.02, Diseño de Cimentaciones", 1ª Ed. Taller Gráfico Petróleos, México, 1984.
5. PETROLEOS MEXICANOS, "Recubrimiento para Protección Anticorrosiva, Muestreo y Prueba", 3ª Ed., Taller Gráfico Petróleos, México, 1984.
6. SCHREVE N. R., "Industrias de Productos Químicos", 1ª Ed., Dossat, España, 1954.
7. TIMM J. A., "Química General", 4ª Ed., Ed. McGraw-Hill, México, 1985.
8. SLABAUGH W. H., "Química General", 4ª Ed., LIMUSA, México, 1979.
9. UHLIG H. H., "The Corrosion Handbook", 7ª Ed., Talleres Gráficos Montaña, España, 1959.
10. FRITZ T., "Corrosion and Protection", 1ª Ed., Talleres Gráficos Montaña, España, 1959.
11. INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO, "Vocabulario Técnico Sobre Anticorrosivos", 1ª Ed., México, 1972.
12. MAEEOWL L. C., EITOR, "Manual de Mantenimiento Industrial", 2ª Ed., CECSA, México, 1976.
13. COSTE J., COTTER R., "La Pintura a Pistola en la Construcción", 1ª Ed., Ed. Sintex, EUA, 1985.
14. MARSDEN C., "Solvents and Allied Substances Manual", 2ª Ed., Elsevier Press, EUA, 1985.
15. MERRIPHAN T. W., "American Civil Engineers", 5ª Ed., John Wiley and Sons, 1979.
16. DUPONT, "Catalogo de Productos", 1995.

17. CHAGN RAYMOND, "Química", 4ª Ed , McGraw-Hill, México, 1995.
18. DENISTON, "Steel Structures Painting Council", 2ª Ed , Bigos, EUA, 1984
19. MANFRED HESS, "Defectos de las Capas de Pintura", 3ª Ed., Ed. Blume, 1973.
20. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS, "Manual de Obras Civiles, Estructuras. Tanques y Dispositivos", México.
21. COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS, "Manual de Obras Civiles, Diseño por Viento y Sismo", México.