

4
28j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

"ARAGON"

FALLA DE ORIGEN

"FALLAS MAS COMUNES EN RECIPIENTES A PRESION DEL TIPO ESFERICO Y HORIZONTAL NO SOMETIDOS A FUEGO DIRECTO; ASI COMO SU PREVENCION Y CONSECUENCIAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A :

AYALA ARZALUZ MANUEL





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON**

**" FALLAS MAS COMUNES EN RECIPIENTES A PRESION DEL TIPO ESFERICO
Y HORIZONTAL NO SOMETIDOS A FUEGO DIRECTO; ASI COMO SU
PREVENCION Y CONSECUENCIAS "**

CAPITULADO

- I.- GENERALIDADES.**
- II.- PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS.**
- III.- PREVENCION DE FALLAS.**
- IV.- CONSECUENCIAS**
- V.- CONCLUSIONES**

ALUMNO : AYALA ARZALUZ MANUEL

A MI MADRE :

LUCIA ARZALUZ DE AYALA

CON ETERNO AGRADECIMIENTO POR HABERME DADO EL APOYO, LA FUERZA NECESARIA Y COMO CUMPLIMIENTO A SU GRAN SACRIFICIO.

A MIS HERMANOS :

CON CARINO Y RESPETO PARA QUIENES EN TODO MOMENTO ME GUIARON, APOYARON Y SACRIFICARON UNA PARTE DE SU TIEMPO EN AYUDARME A LLEGAR; DEPOSITANDO SU CONFIANZA EN MI. POR LO CUAL LES QUEDARE ETERNAMENTE AGRADECIDO

A MIS MAESTROS :

POR ENSEÑARME Y DARME LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS, ASI COMO TRANSMITIRME SUS CONOCIMIENTOS PARA PODER SEGUIR ADELANTE Y FORJAR MI CARRERA.

A MI INOLVIDABLE ESCUELA :

E N E P - A R A G O N

AL HONORABLE JURADO :

ING. JAVIER NAVA PEREZ
ING. DANIEL ALDAMA AVALOS
ING. RODOLFO ZARAGOZA BUCHAIN
ING. JORGE ANTONIO RODRIGUEZ LUNA
ING. ADRIAN ISLAS ARGUELLO

NO NOS HACE FALTA VALOR PARA EMPRENDER
CIERTAS COSAS POR QUE SEAN DIFICILES
SI NO QUE SON DIFICILES POR QUE NOS FALTA
VALOR PARA EMPRENDERLAS

LUCIO ANNEO SENECA

ES DETESTABLE ESA AVARICIA ESPERITUAL
QUE TIENEN LOS QUE SABIENDO ALGO
NO PROCURAN LA TRANSMICION DE ESOS
CONOCIMIENTOS

MIGUEL DE UNAMUNO

UN SISTEMA ESCOLAR QUE NO TENGA A LOS
PADRES COMO CIMIENTO ES IGUAL A UNA
CUBETA CON UN AGUJERO EN EL FONDO

JESSE JACKSON

LA LIBERTAD, ES UNO DE LOS MAS PRECIOSOS
DONES QUE A LOS HOMBRES DIERON LOS CIELOS
CON ELLA, NO PUEDEN IGUALARSE LOS TESOROS
QUE ENCIERRA LA TIERRA NI EL MAR ENCUBRE:
POR LA LIBERTAD SE PUEDE Y DEBE AVENTURAR
LA VIDA

MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. GENERALIDADES	
I.1. DEFINICION	3
I.1.1. PRESION DE OPERACION ..	3
I.1.2. PRESION DE DISEÑO	3
I.1.3. PRESION DE PRUEBA .	4
I.1.4. PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMISIBLE	4
I.1.5. ESFUERZO DE DISEÑO A LA TENSION	5
I.1.6. EFICIENCIA DE LAS SOLDADURAS	5
I.2. TIPOS DE RECIPIENTES	5
I.2.1. POR SU USO	8
I.2.2. POR SU FORMA .	8
I.3. TIPOS DE TAPAS	9
I.4. BOQUILLAS EN RECIPIENTES A PRESION	13
I.4.1. ESPESORES EN LOS CUELLOS DE BOQUILLAS	14
I.4.2. SELECCION DE BRIDAS PARA BOQUILLAS	14
I.4.3. TIPOS DE CARA DE BRIDAS	16
I.5. REGISTRO DE HOMBRE	19
I.6. MATERIALES EN RECIPIENTES A PRESION	19
I.6. EVALUACION DE MATERIALES SUGERIDOS	21
I.7. TERMOFLUENCIA	23
I.8. FRACTURA DUCTIL Y FRAGIL	24

CAPITULO II PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS

II.1.	DEFECTOS MECANICOS Y METALURGICOS QUE PRODUCE FALLAS	28
II.1.1.	DEFECTOS MECANICOS	28
II.1.2.	DEFECTOS METALURGICOS	30
II.2.	CLASIFICACION DE FALLAS	31
II.3.	FALLAS POR AGRIETAMIENTO	33
II.4.	FALLAS EN SOLDADURA	37
II.4.1.	PENETRACION INCOMPLETA	40
II.4.2.	FALTA DE FUSION	40
II.4.3.	POROSIDAD	41
II.4.4.	ALINEACION DE ESCORIA	42
II.4.5.	CONCAVIDAD	43
II.5.	FALLAS A TEMPERATURAS ELEVADAS	45
II.5.1.	RUPTURA POR ESFUERZO	46
II.5.2.	FATIGA DE ALTA TEMPERATURA	46
II.5.3.	FATIGA TERMICA	47
II.5.4.	FALLAS INDUCIDAS POR EL MEDIO AMBIENTE	48
II.5.5.	TRANSICION DE FRACTURA TRANSGRANULAR A INTERGRANULAR	48
II.6.	FALLAS POR FATIGA (EFECTO - MECANICO)	48
II.6.1.	NATURALEZA DE LA ROTURA POR FATIGA	51
II.7.	FALLAS POR CORROSION	51
II.7.1.	CLASIFICACION	52
II.7.2.	CORROSION GENERAL	52
II.7.3.	CORROSION LOCALIZADA	53
II.7.4.	CORROSION MECANICA - QUIMICA	53
II.7.5.	CORROSION GALVANICA	53
II.7.6.	CORROSION INTERGRANULAR	54
II.7.7.	CORROSION EN FILO DE CUCHILLO	54
II.7.8.	CORROSION ALVEOLAR	54

II.7.9.	CORROSION EN HENDIDURA	55
II.7.10.	CORROSION BAJO ESFUERZO	55
II.7.11.	FRAGILIDAD CAUSTICA	56
II.7.12.	EROSION	56
II.8.	FALLAS POR DAÑO DE HIDROGENO	57
II.8.1.	FRAGILIDAD POR HIDROGENO	57
II.8.2.	DAÑOS POR	57
II.8.3.	PROGRESION DE LA ROTURA	58
II.8.4.	VESICACION POR HIDROGENO	59
II.8.5.	FRAGILIDAD CAUSTICA	59
II.9.	ANALISIS DE LAS CAUSAS QUE PRODUCEN FALLA	60

CAPITULO III PREVENCIÓN DE FALLAS

III.1.	CONCEPTOS DE PREVENCIÓN	62
III.2.	PREVENCIÓN EN DISEÑO	63
III.2.1.	ESPECIFICACION DE DISEÑO	63
III.2.2.	CONTROL DE LA CORROSION	64
III.2.3.	UNIONES SOLDADAS	67
III.2.4.	TRATAMIENTOS TERMICOS	68
III.2.4.1.	TRATAMIENTOS MAS COMUNES	69
III.3.	SELECCION DE MATERIALES	71
III.3.1.	LISTA DE REQUISITOS	72
III.4.	CONTROL ESTRICTO DE CALIDAD EN LA MATERIA PRIMA	75
III.4.1.	IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES	77
III.5.	APLICACION DE LOS CODIGOS DURANTE LA CONSTRUCCION	80

III.6.	ASPECTOS A CUIDAR DURANTE EL PROCESO DE FABRICACION, MONTAJE Y SERVICIO DE UN RECIPIENTE A PRESION	85
III.7.	APLICACION DE PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS	88
III.7.1.	INSPECCION VISUAL	88
III.7.2.	INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS	89
III.7.3.	INSPECCION ULTRASONICA	90
III.7.4.	INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES	91
III.7.5.	INSPECCION RADIOGRAFICA	91
III.7.6.	PRUEBA HIDROSTATICA Y NEUMATICA	92
III.8.	APLICACION DE PRUEBAS DESTRUCTIVAS	95
III.8.1.	PRUEBA ESTATICA	95
III.8.2.	PRUEBA DE TRACCION	95
III.8.3.	PRUEBA DE COMPRESION	97
III.8.4.	PRUEBA DE FLEXION	97
III.8.5.	PRUEBA DE FATIGA	98
III.8.6.	PRUEBA DE IMPACTO	98
III.9.	PROGRAMA DE CONSTRUCCION, INSTALACION E INSPECCION PARA LA PREVISION DE FALLAS	100
III.9.1.	CUADROS DE INSPECCION A RECIPIENTES EN SERVICIO	106
III.9.2.	CUADRO DE ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EVITAR FALLAS	109
CAPITULO IV CONSECUENCIAS DE FALLAS EN RECIPIENTES A PRESION...		
	CONSECUENCIAS	116
IV.1.	CONSECUENCIAS TECNICAS	121
IV.2.	CONSECUENCIAS ECONOMICAS	122
IV.3.	CONSECUENCIAS SOCIALES	123
CAPITULO V CONCLUSIONES		124
BIBLIOGRAFIA		126

INTRODUCCION

Debido a que las plantas industriales que manejan recipientes de almacenamiento esféricos y horizontales a presión no sometidos a fuego directo; son por un lado plantas con mas de 30 años de servicio en ocasiones algunas ya en condiciones verdaderamente deplorables. Utilizando a veces equipo no adecuado para dar un servicio de mantenimiento, así como su personal técnico que en muchas ocasiones no se encuentra verdaderamente capacitado para diagnosticar y dar una solución correcta e inmediata en caso de se empezara a propiciar o ya estuviera alguna falla en el sistema o equipo.

Todo esto aunado al incremento de la población, la cual ha ido ocupando espacios de seguridad entre planta - población. Por todo lo antes señalado, el peligro de explosiones y sus efectos traerian como consecuencia perdidas humanas, económicas y sociales.

Por lo cual es de suma importancia poner énfasis en la prevención de posibles explosiones causadas por las fallas en este tipo de recipientes.

OBJETIVO:

El objetivo de este trabajo es establecer o determinar los tipos de fallas que mas comúnmente afectan a los recipientes sujetos a presión; como se originan y se desarrollan, así como también dar herramientas necesarias para poder prevenirlas y con esto disminuir al máximo las consecuencias, buscando la mayor seguridad en su operación.

La siguiente tesis esta elaborada de la siguiente manera :

Capitulo I .- En este capitulo se dan los conceptos básicos que intervienen en el tema de recipientes sometidos a presión.

Capitulo II .- En este capitulo se mencionan los principales tipos de fallas que se presentan en los recipientes esféricos y horizontales. Así también la forma en que se presentan, como se originan, en que grado y en que materiales afecta mas.

Capitulo III .- En este capitulo se analiza los elementos que intervienen en la prevención de fallas en los recipientes, pasando por varias etapas como son :El diseño, la materia prima, selección del material, construcción, montaje y servicio del recipiente. Así como la importancia y el valor que lleva consigo la prevención de fallas en los recipientes

Capitulo IV .- En este capitulo se analizan las consecuencias Técnicas, Económicas y Sociales, que trae consigo una falla en los recipientes a presión. Todo esto por el no prevenir y controlar a tiempo la fallas así como otros factores. Dando como resultado un estancamiento en el crecimiento y desarrollo del país.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1. DEFINICION DE CONCEPTOS.

RECIPIENTE A PRESION :

Se considera como un recipiente a cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea a presión interna o vacío, independientemente de su forma o dimensiones. La presión de diseño interior o exterior deberá ser superior a 1.5 Kg/cm² (15 PSI)

1.1.1. PRESION DE OPERACION (Po) :

Es identificada como la presión de trabajo, y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal

1.1.2. PRESION DE DISEÑO (P) :

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, su valor será el que resulte mayor de los siguientes:

$$P = 1.1P_o \quad \text{o} \quad P = P_o + 30 \text{ (Lb / pul}^2\text{)}$$

Donde :

P = Es la presión de diseño.

P_o = Es la presión de operación.

Al determinar la presión de diseño, debe tomarse en consideración la presión hidrostática debida a la columna del producto que estamos manejando, sobre todo en recipientes cilindricos verticales.

I.1.3. PRESION DE PRUEBA (Pp):

Se entiende por presión hidrostática de prueba y se cuantificara por medio de la siguiente ecuación :

$$Pp = P(1.5) (sta / std)$$

Donde :

Pp = Es la presión de prueba.

P = presión de diseño.

sta = El esfuerzo a la tensión del material a la temperatura ambiente.

std = El esfuerzo a la tensión del material a la temperatura de diseño

I.1.4. PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMISIBLE

Es la presión máxima a que se puede someter un recipiente en condiciones de operación, suponiendo que el recipiente esta :

- a) En condiciones después de haber sido corroído.
- b) Bajo los efectos de la temperatura de diseño.
- c) En la posición normal de operación .
- d) Bajo los efectos de otras cargas tales como fuerzas debidas al viento, presión externa, presión hidrostática, etc.

Cuyos defectos deben agregarse a los ocasionados por la presión interna. Es una practica común seguida por los usuarios, diseñadores y fabricantes de recipientes a presión, limitar la presión de trabajo máxima permisible por la resistencia del cuerpo o las tapas y no por elementos componentes pequeños tales como bridas, boquillas, etc. (Ref : 2)

El termino "máxima presión de trabajo permisible nuevo y frio" es usado frecuentemente. Esto significa la presión máxima permisible cuando se encuentra en las siguientes condiciones :

- a) El recipiente no esta corroído (nuevo)
- b) La temperatura no afecta la resistencia a la tensión del material (temperatura ambiente frio)

• 1.1.5. ESFUERZO DE DISEÑO A ALTA TENSION (S) :

Es el valor máximo a que podemos someter un material que forma parte de un recipiente a presión en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material en cuestión .

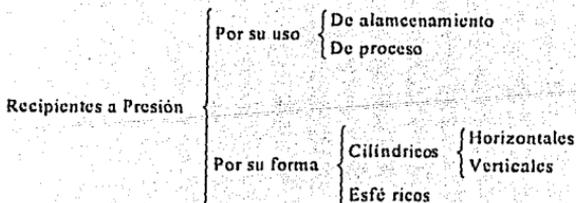
1.1.6. EFICIENCIA DE LAS SOLDADURAS (E) :

Se puede definir como el grado de confiabilidad que se puede tener en ellas.

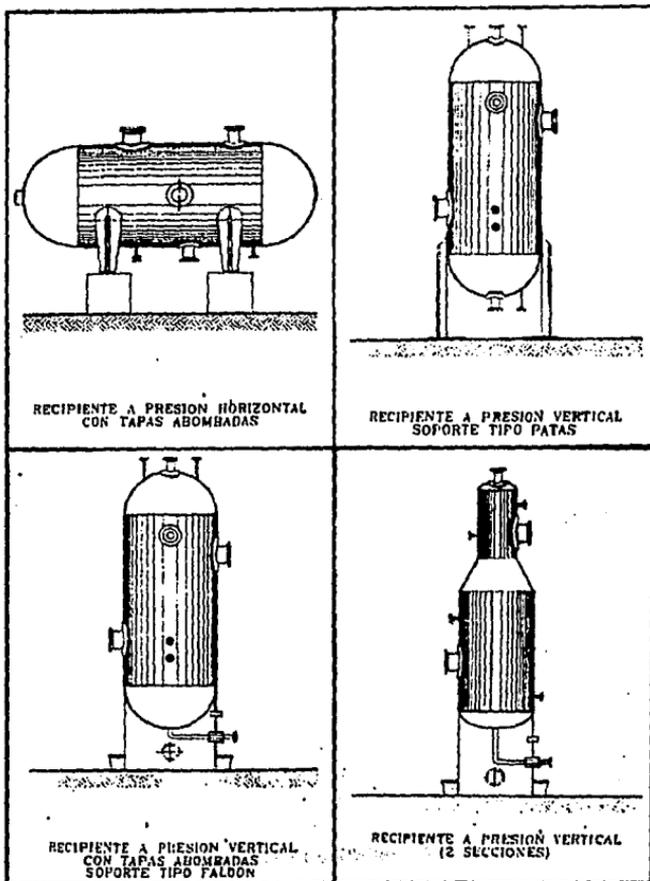
(Nota : Para mayor información acerca de este concepto consultar bibliografía 1 y 2)

1.2. TIPOS DE RECIPIENTES.

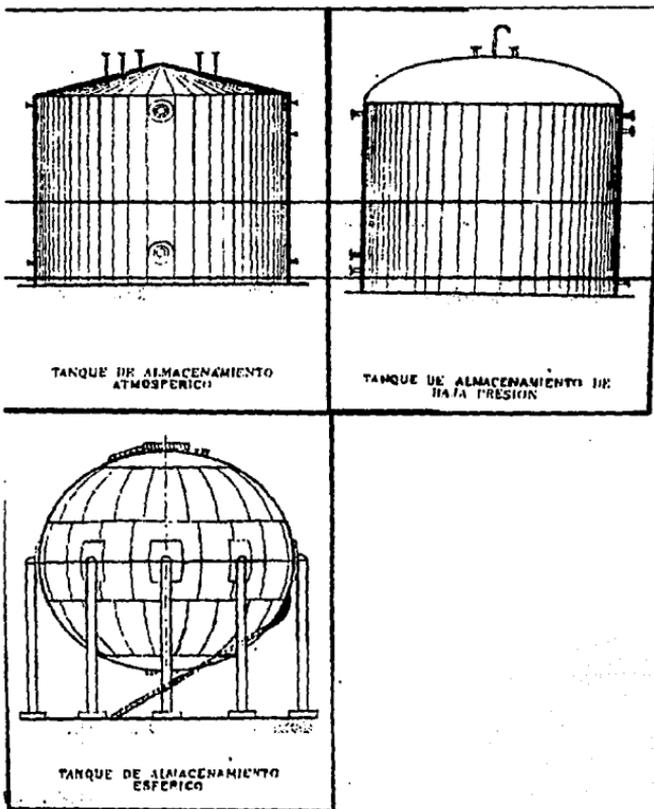
A continuación se presenta de una manera esquemática los diferentes tipos de recipientes a presión que existen :



TIPOS DE RECIPIENTES



TIPOS DE RECIPIENTES



7 FALLA DE ORIGEN

1.2.1. POR SU USO :

Los recipientes a presión por su uso los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de proceso.

Como su nombre lo indica los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión, y de acuerdo con su servicio son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc. Los recipientes a presión de proceso tienen múltiples y muy variados usos, entre ellos podemos citar los cambiadores de calor, reactores, torres fraccionadoras, torres de destilación, etc.

1.2.2. POR SU FORMA :

Por su forma, los recipientes a presión puede ser cilíndricos o esféricos, los primeros pueden ser horizontales o verticales, y pueden tener en algunos casos chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según el caso.

Segun ASME Sección VIII Div. 1.

Los recipientes esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, se recomienda utilizarlos para almacenar grandes volúmenes a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma "natural" que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna, y esta sería la forma mas económica de almacenar los fluidos a presión; sin embargo, la fabricación de este tipo de recipientes es mucho mas cara en comparación con los recipientes cilíndricos.

1.3. TIPOS DE TAPAS

Para "cerrar" recipientes cilíndricos, existen varios tipos de tapas como son : Tapas planas, planas con cejas, únicamente abombadas, abombadas con ceja invertida, toriesféricas, semielípticas, tapas 80:10, tapas cónicas y toricónicas.

Las características principales y usos de está tapas son las siguientes :

TAPAS PLANAS :

Se utilizan para recipientes sujetos a presión atmosférica generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes a presión, su costo entre las tapas es el mas bajo, se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.

TAPAS PLANAS CON CEJA :

Se utilizan generalmente para presiones atmosféricas, su costo es también realmente bajo, tienen un límite dimensional de 6 mts. de diámetro máximo.

TAPAS ÚNICAMENTE ABOMBADAS :

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja su costo puede considerarse bajo.

TAPAS ABOMBADAS CON CEJA INVERTIDA :

Su uso es limitado debido a su difícil fabricación, su costo es alto son empleadas solamente en casos especiales.

TAPAS TORIESFÉRICAS :

Son las que mayor aceptación tienen en la industria debido a su bajo costo y a que soportan altas presiones manométricas, su característica principal es que el radio de abombado es igual al diámetro interior, se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 mts.

TAPAS SEMIELIPTICAS :

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas.

El proceso de fabricación de estas tapas es el troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1 su costo es alto, y en México se fabrica hasta un diámetro máximo de 3 mts.

TAPAS SEMIESFERICAS :

Utilizadas exclusivamente para presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto, y no hay límite dimensional para su fabricación.

TAPAS 80:10 :

Ya que en México no se cuenta con prensas suficientemente grandes para troquelar tapas semielípticas 2:1 de dimensiones relativamente grandes, hemos optado por fabricar este tipo de tapa, cuyas características principales son que el radio de abombado es el 80% del diámetro y el radio de esquina o radio de nudillos es el 10% del diámetro. Estas tapas las usamos como a la equivalente a la semielíptica relación 2:1.

TAPAS CONICAS :

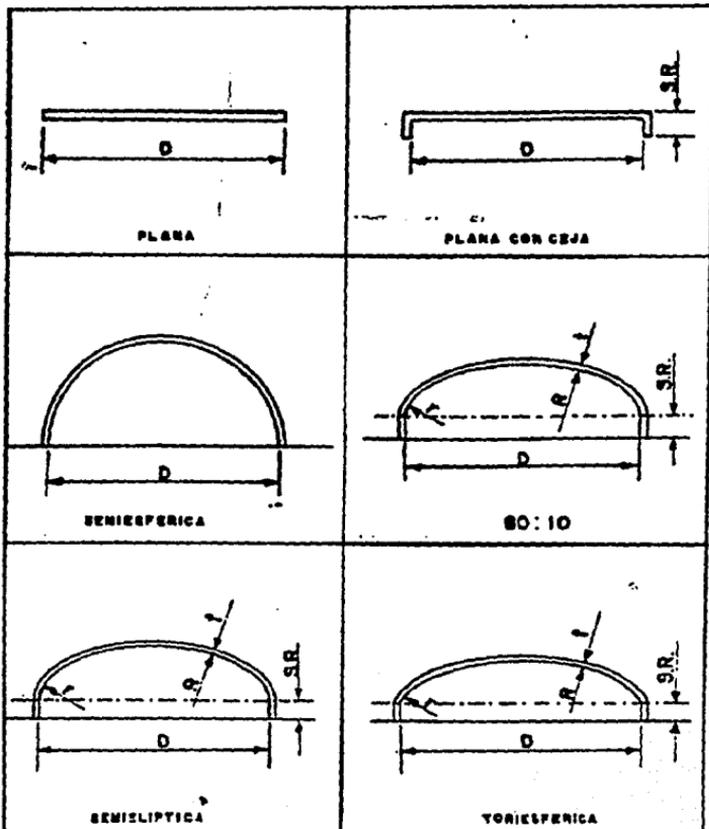
Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos, y como en transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos, su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límite en cuanto a dimensiones para su fabricación, su única limitación consiste en que el ángulo del vértice no deberá ser mayor de 60 °, las tapas cónicas con un ángulo mayor de 60 ° en el vértice, deberán ser calculadas como tapas planas. Debe tenerse precaución de reforzar las uniones cono - cilindro.

TAPAS TORICONICAS :

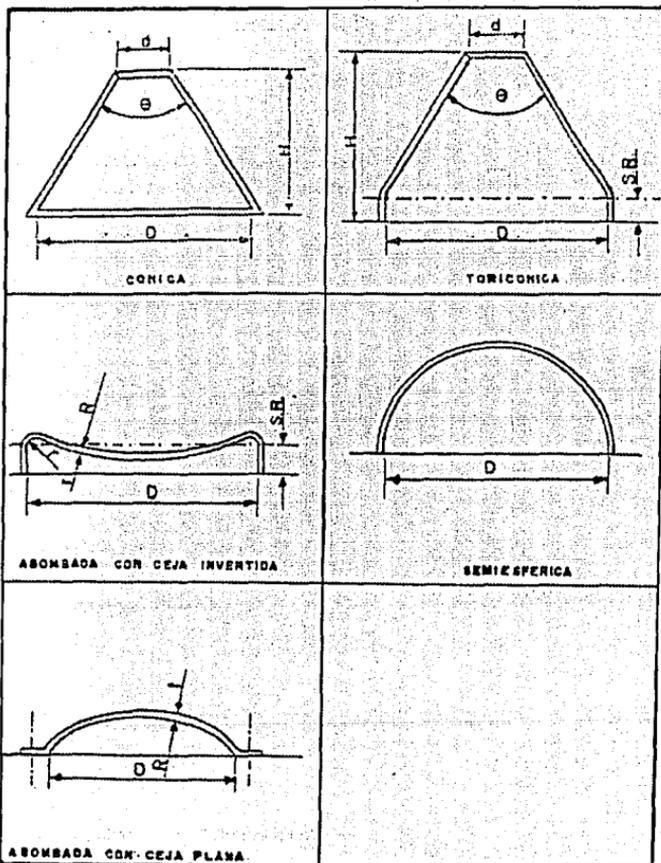
A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapa tiene en su diámetro mayor un radio de transición que no deberá ser mayor al 6% del diámetro mayor; tienen las mismas restricciones que la tapa cónica a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 3 mts.

(Nota : Las características y funciones de estas tapas es de acuerdo a código ASME y ASTM ; para mayor información consultar estas bibliografías)

TIPOS DE TAPAS



TIPOS DE TAPAS



1.4. BOQUILLAS EN RECIPIENTES A PRESION.

Todos los recipientes a presión deberán estar provistos de boquillas y conexiones de entrada y de salida del producto, válvulas de seguridad, entrada de hombre, venteo, etc. Esto según ASME Sec. VIII Div 1. A continuación se enlistarán algunas de las boquillas que se deben instalar en los recipientes a presión :

- a) Entrada (s) de producto
- b) Salida (s) de producto
- c) Drene
- d) Venteo
- e) Entrada (s) de hombre
- f) Conexión para válvula de seguridad
- g) Conexión para manómetro
- h) Conexión para termómetro (termopare)
- i) Conexión para indicadores de nivel
- j) Conexión para control de nivel, etc.

De acuerdo con el tipo de recipiente a presión que vayamos a diseñar, este puede tener una o varias boquillas de las antes mencionadas, los diagramas de tubería e instrumentación nos indicaran cuantas boquillas, de que diámetro y para que servicio debemos instalar en los recipientes.

En concordancia con el código ASME sección VIII división 1, todas las boquillas mayores de 3" de diámetro instaladas en recipientes a presión deberán tener una placa de refuerzo en la unión del cuello de la boquilla con el recipiente. Las boquillas de 14" de diámetro y mayores deberán tener los barrenos de prueba.

Para instalar una boquilla en un recipiente a presión es necesario hacer un agujero en el cuerpo o tapa que se vaya a instalar, al efectuar este agujero, estamos "quitando" área, las líneas de esfuerzos que pasaban por el área que quitamos, pasaran tangentes al agujero practicado, ocasionando con ello una concentración de esfuerzos en la periferia del agujero, para evitar fallas en el área del orificio, es necesario reponer el material que quitamos.

1.4.1. ESPESORES EN LOS CUELLOS DE BOQUILLA

Los espesores de los cuellos de las boquillas calculadas deberán ser determinados en base a :

- a) Presión interna
- b) Tolerancia por corrosión
- c) Fuerzas y Momentos debidos a dilataciones térmicas en la tuberías, fuerzas transmitidas por otros equipos y acciones debidas al peso propio de las tuberías.

Presión interna :

Generalmente el espesor del cuello de una boquilla calculado para soportar presión interna, resulta muy pequeño debido al diámetro tan reducido que ellos tienen en comparación con el diámetro del recipiente.

Tolerancia por corrosión :

La corrosión es uno de los factores decisivos para seleccionar las cédulas de los cuellos de las boquillas, ya que los espesores de los cuellos de tubos de diámetros pequeños son muy reducidos y únicamente la corrosión puede acabar con ellos.

Fuerzas y Momentos :

Es muy importante al diseñar recipientes a presión, analizar los arreglos de tuberías, ya que las tuberías no deberán transmitir grandes fuerzas y momentos a nuestros recipientes. Cuando se trabaja líneas de tuberías relativamente grandes en diámetro y que están manejando fluidos a altas temperaturas, debemos recomendar al departamento de tuberías hacer un estudio de análisis de esfuerzos en las líneas críticas a fin de minimizar las cargas y los momentos en las boquillas de los recipientes. este análisis de esfuerzos incluye la selección y la localización adecuada de soportes para las tuberías. (Ref. ASME Secc. VIII Div. 1)

1.4.2. SELECCION DE BRIDAS PARA BOQUILLAS

Las bridas son elementos estructurales que se utilizan para unir tramos de tuberías, conexiones de líneas a recipientes u otros equipos, secciones de recipientes, registros y otros componentes, mediante el uso de pernos.

Se recomienda que las boquillas de 1" de diámetro y menores sean instaladas a los recipientes a presión por medio de coples roscados de 3000 y 6000 lb /pul.². Las boquillas de 1 - 1/4" de diámetro y mayores deberán ser bridadas. (Ref. ASME Secc. VIII Div. 1)

De acuerdo a la forma de unir las bridas a los cuellos de las boquillas, existen los siguientes tipos de bridas :

- 1.- Brida de cuello soldable (welding Neck)
- 2.- Brida deslizable (slip - on)
- 3.- Brida loca (Lap - Joint)
- 4.- Bridas roscadas
- 5.- Bridas de enchufe soldable (Socket - Welding)
- 6.- Bridas de orificio
- 7.- Bridas ciegas
- 8.- Bridas especiales

Bridas de cuello soldable (Welding - Neck):

Son las más usadas en recipientes a presión ya que resisten altas presiones, grandes fuerzas y momentos producidos por otros equipos o por dilataciones en las tuberías, aunque su costo es aparentemente más alto que la brida deslizable, su instalación es más económica ya que se une al cuello con un solo cordón de soldadura.

Brida deslizable (Slip - On) :

Pueden usarse en recipientes a presión, sin embargo su uso se ha generalizado en tanques de almacenamiento a presión atmosférica.

Brida Loca (Lap - Joint) :

Generalmente se usan para instalarse en tuberías de acero inoxidable, o aleaciones especiales, siempre que utilizemos esta brida debemos acompañarla con un extremo adaptador (stub - end). También usamos este tipo de brida cuando la orientación de las tuberías no son paralelas a los ejes de los recipientes a presión.

Bridas roscadas :

Se usan para unir tuberías difíciles de soldar como PVC, aluminio, etc. Se recomienda usarlo en diámetros menores de 6". La conexión roscada es susceptible a fugas bajo casi cualquier tipo de operación cíclica. No debe emplearse este tipo de brida en aplicaciones que impliquen flexión o ciclos térmicos

Bridas de enchufe soldable (Socket - Welding) :

Cuando se manejan fluidos tóxicos, altamente explosivos, muy corrosivos o aquellos que al existir fugas provocarían gran riesgo, debemos usar bridas de este tipo, también es muy recomendable usarlas en tuberías que trabajan a muy alta presión.

Bridas de orificio :

No se usan para conectarse directamente a los recipientes a presión, van siempre instaladas en las líneas de conducción de fluidos, y con una placa de orificio, midiendo la presión diferencial antes y después de la placa de orificio, podemos medir el gasto que pasa por las tuberías.

Bridas especiales :

Cuando una brida no corresponde a ninguno de los tipos antes mencionados, le llamamos brida especial, su uso es muy común en cambiadores de calor ya que los diámetros de ellos generalmente no corresponden a diámetros estandarizados de bridas.

I.4.3. TIPOS DE CARAS DE BRIDAS

De acuerdo con la presión y fluido que se maneja, debemos seleccionar el tipo de cara que tendrán las bridas que instalaremos en recipientes a presión, a continuación se mencionan los tipos de caras de bridas más comunes :

- 1.- Cara plana
- 2.- Cara realzada
- 3.- Cara machimbrada
- 4.- Cara de ranura y lengüeta
- 5.- Cara para junta de anillo

Brida cara plana .-

Se usan generalmente para bajas presiones y cuando la brida será recubierta con algún material (hule, vidrio, etc.)

Bridas cara realzada .-

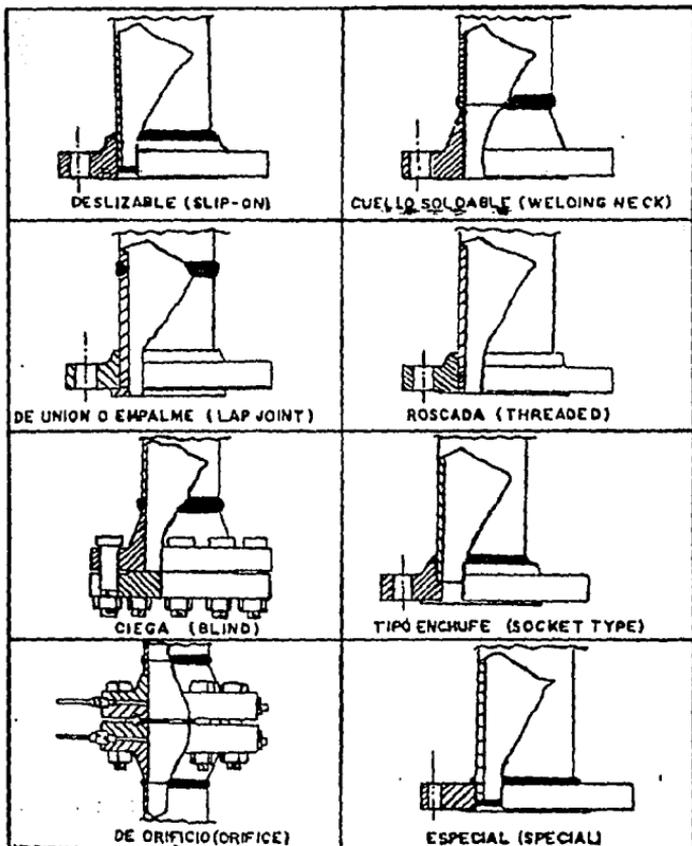
Son las de uso más común en recipientes a presión ya que el realce nos ayuda a tener un buen sello entre caras. Para aquellos servicios en donde se trabaja con alta presión, alta temperatura y choques térmicos; estas bridas no resultan ser satisfactorias.

Bridas de cara Machimbrada, Ranurada, Lengüeta y Junta de anillo .-

Las usamos en recipientes y tuberías que manejan fluidos tóxicos, explosivos y peligrosos en general, donde las fugas del fluido manejado representa grandes riesgos.

Al instalar bridas machimbradas en recipientes a presión se recomienda unir la brida "hembra" al recipiente y la "macho" a la tubería.

TIPOS DE BRIDA



1.5. REGISTROS DE HOMBRE

Cuando se requiere tener acceso al interior de un recipiente a presión, ya sea para mantenimiento, carga o descarga de sólidos, etc; es necesario instalar en el registro de hombre. El diámetro mínimo para este tipo de registros es de 16" aunque este diámetro no es muy recomendable por que dificulta el rápido acceso al interior del equipo, lo usual es instalar registros de 18 o 20" de diámetro.

Los cuellos para los registros de hombre deben ser calculados como cilindros de pared delgada, la tapa será una brida ciega del mismo material y rango que las usadas en las demás boquillas del recipiente en cuestión.

Las placas de refuerzo en registro de hombre serán calculadas con el mismo criterio como si se tratase de una boquilla cualquiera.

(Nota : Para mayor información acerca de este punto y de su calculo consultar las bibliografías 1 y 2)

1.6. MATERIALES EN RECIPIENTES A PRESION

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica en la selección de esto. Cabe hacer una aclaración, este tema es muy amplio y complejo por lo cual será difícil llegar a dar una receta para la selección adecuada de los materiales a usar en recipientes a presión .

Materiales mas comunes :

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, la cual va implícita en su especificación; a continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y su forma de suministro.

PLACA

Especificación	SA-515-70	SA-285-C	SA-36
Composición nominal	C-Si	C-Si	C-Si
Esfuerzo de cedencia KPSI	38	30	36
Esfuerzo último en KPSI	70	55	58
Esfuerzo de diseño en KPSI (de -20 a 650 ° F)	17.5	12.6	12.6

FORJA

Especificación	SA-105	SA-181	SA-266-II
Composición nominal	C-Si	C-Si	C-Si
Esfuerzo de cedencia KPSI	36	36	35
Esfuerzo último en KPSI	70	70	70
Esfuerzo de diseño en KPSI (de -20 a 650 ° F)	17.5	17.5	17.5

TUBOS DE CEDULA

Especificación	SA-106-B	SA-53	SA-333-1
Composición nominal	C-Si	C-Si	C-Si
Esfuerzo de cedencia KPSI	30	30	30
Esfuerzo último en KPSI	48	48	55
Esfuerzo de diseño en KPSI (de -20 a 650 ° F)	12	12	13.7

TUBOS DE CALIBRE

Especificación	SA-179	SA-334-1	SA-556-C2
Composición nominal	C-Si	C-Si	C-Mn
Esfuerzo de cedencia KPSI	30	40	
Esfuerzo último en KPSI	55	70	
Esfuerzo de diseño en KPSI (de -20 a 650 ° F)	11.7	13.7	17.5

(Nota : De acuerdo a las unidades, en este caso se estan utilizando el sistema ingles: pero si se requiriera trabajarlo en el sistema internacional, se encuentra una tabla de equivalencia de unidades al final de este trabajo.)

1.6.1. EVALUACION DE LOS MATERIALES SUGERIDOS

En esta etapa se toman en cuenta los aspectos relacionados con la vida útil de la planta donde se instalarán los recipientes a presión o equipos que se estén diseñando y se fija la atención en los siguientes puntos :

I.- Vida estimada de la planta :

Una planta se proyecta para un determinado tiempo de vida útil, esto sirve como base para formarnos un criterio sobre la clase de posibles materiales que podremos utilizar.

II.- Duración estimada del material :

Para esto es necesario auxiliarnos de la literatura existente sobre el comportamiento de los materiales en sistemas similares, reportes de las experiencias de personas que han operado y conocen los problemas que se presentan en las idénticas para hacer buenas estimaciones.

III.- Confiabilidad del material :

Es necesario tener en cuenta las consecuencias económicas, de seguridad del personal y del equipo en caso que se llegaran a presentar fallas inesperadas.

IV.- Disponibilidad y tiempo de entrega del material :

Es conveniente tener en cuenta la producción nacional de materiales para la construcción de recipientes a presión, ya que existirá la posibilidad de utilizar los materiales de que se disponga sin tener grandes tiempos de entrega y a un costo menor que las importaciones.

V.- Costo del material y de la fabricación :

Por lo general, a un alto costo de material le corresponde un alto costo de fabricación.

VI.- Costo de mantenimiento e inspección :

Un material de propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión menores, requiere mantenimiento e inspección frecuentes, lo cual implica tiempo fuera de la planta y mayores gastos por este concepto.

La decisión final sobre el material a utilizar será de acuerdo a lo siguiente :

Requisitos Técnicos.-

El material que cumpla con el mayor número de requisitos técnicos es más importante que cualquier otro, ya que de estos depende el funcionamiento correcto y seguro del equipo.

Requisitos Económicos.-

El material que implique los menores gastos como son los iniciales, de operación, de mantenimiento y mayor reembolso de inversión sin que por este concepto se tenga que sacrificar el requisito técnico, que repetimos es el más importante.

Entre los materiales más comunes usados en la fabricación de recipientes a presión tenemos los siguientes :

Acero al Carbón

Aceros Inoxidables Austeníticos y Ferríticos

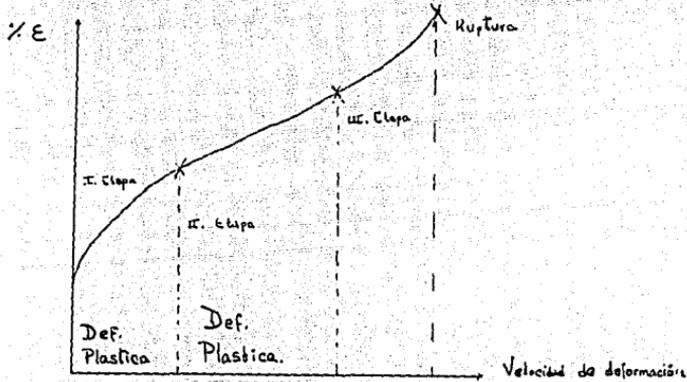
Materiales especiales : Titanio, Zirconio, Hafnio, Tantalio, Molibdeno.

Aleaciones especiales : Incoloy, Hastelloy, Monel, Inconel, Admiralty.

1.7. TERMOFLUENCIA

Se considera la termofluencia cuando la temperatura de operación del material es mayor o igual al 40% de la temperatura de fusión del material.

La siguiente figura muestra la forma de las curvas de termofluencia, estas curvas muestran tres etapas.



1 etapa.-

Representa una etapa de ajuste en el metal durante la cual ocurre deformación plástica activada térmicamente.

2 etapa.-

O estado estacionario y representa una condición de equilibrio entre los mecanismos de consolidación y recuperación, así también se sigue con una deformación plástica.

3 etapa.-

En esta etapa, la velocidad de deformación aumenta continuamente y la etapa finaliza con la ruptura.

(Nota : Se seguirá haciendo referencia de este punto en las paginas 45 y 46)

1.8. FRACTURA DUCTIL Y FRÁGIL

La mayoría de las roturas se relacionan generalmente con un estado de ductilidad en el que la fractura se produce con cargas equivalentes a un esfuerzo general igual al de la carga de rotura a la tracción del material. En la mayoría de los casos, el progreso de la grieta fue gradual, produciéndose inicialmente solo una pequeña fuga.

En los materiales frágiles al agrietamiento, las roturas pueden iniciarse en entalladuras o defectos de soldadura con esfuerzos por debajo del límite de carga.

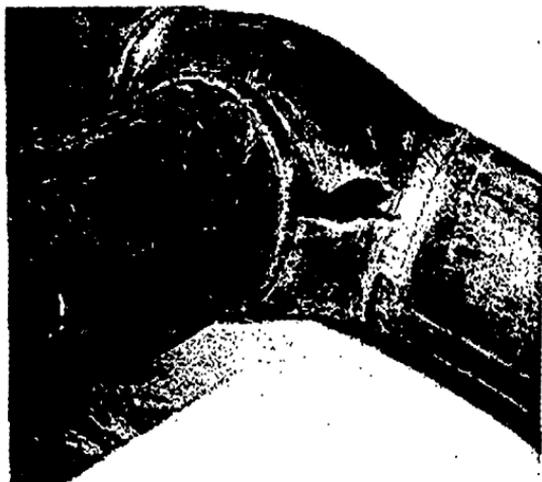
El acero se considera generalmente como un material dúctil; Cuando se sobrecarga, normalmente se advierte, al entrar en el estado plástico, es decir al producirse el pandeo, estrado, flexado estrechamiento antes de la rotura. Sin embargo, a veces los aceros se rompen sin muestras previas de deformación. Estas roturas frágiles van acompañadas de ligeras deformaciones plásticas y la energía requerida para propagar la fractura es verdaderamente baja. Dentro de ciertas condiciones, el acero puede quebrarse como cristal. En tuberías, este comportamiento anormal se produce generalmente solo a bajas temperaturas.

Esta tendencia del acero a comportarse de una forma frágil se determina por las siguientes condiciones : 1) elevadas concentraciones de esfuerzos; 2) una baja temperatura ambiental. (Ref. 6)

En consecuencia, el comportamiento de un acero en su transición de dúctil a frágil se expresa generalmente en términos de temperatura.

La temperatura de transición de un acero podemos definirla como aquella por encima de la cual el acero se comporta de una manera predominantemente dúctil y por debajo de la cual el acero se comporta de una manera predominantemente frágil. El acero con una elevada temperatura de transición tiene mayor tendencia a comportarse de manera frágil en el período de fabricación o en servicio. Y de manera contraria un acero con baja temperatura de transición puede comportarse, con mas probabilidad de forma dúctil.

Los factores metalúrgicos tales como el procedimiento de desoxidación, composición química, laminado, forja o extrucción y un posterior tratamiento térmico, influyen en la temperatura de transición del acero. (Ref. 1)

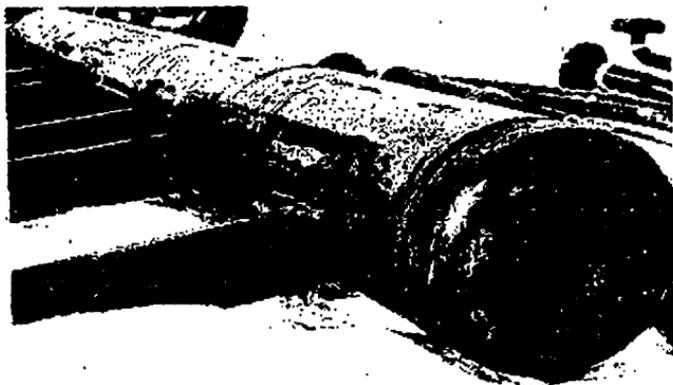


(A)



(B)

Fig. 1.8. Ruptura en una T de acero al carbono de 6" (152.4mm) y 0.280" (7.11mm) de espesor de pared (A). Detalle del borde de la ruptura mostrando la fractura por cortadura inicialmente dúctil en el centro y ejemplos de fracturas transcristalinas frágiles junto a los extremos (B)



(A)



(B)

Fig. I.8.1. Rupturas frías a través del metal base junto a las soldaduras de las aberturas de los colectores tubulares de acero. La fig. A muestra el equipo en sí y la fig. B muestra un acercamiento y aumento del área dañada

CAPITULO II

PRINCIPALES TIPOS DE FALLAS

II.1. DEFECTOS MECANICOS Y METALURGICOS QUE PRODUCEN FALLA

Un defecto lo podemos definir como "la falta o ausencia de algo esencial para la integridad o perfección". Los defectos pueden variar en los metales desde los defectos cristalinos, que son observables a simple vista, hasta los defectos no observables.

Las roturas también pueden producirse en materiales casi perfectos debido a causas como las de un proyecto defectuoso, la corrosión o una utilización inapropiada del equipo.

Bajo condiciones determinadas de trabajo y utilización, un defecto determinado es muy improbable que cause o contribuya a la rotura en servicio. Bajo otras condiciones el mismo defecto puede ser extremadamente peligroso y causar una rotura instantánea dando lugar a explosiones, fuego y otros deterioros, poniendo con ello en peligro la salud y vida de la población.

Un problema que deben atacar los ingenieros son las roturas en servicio que pueden resultar peligrosas y costosas cuando se trabaja en procesos industriales con presiones y temperaturas elevadas. Las roturas por defectos atribuibles al fabricante generalmente son el resultado de algunas de las siguientes condiciones.

II.1.1. DEFECTOS MECANICOS

Son los que tienen discontinuidades o separaciones reales en material ya sea a lo largo de la superficie o en el interior. Las laminaciones, pliegues y hendiduras representan defectos típicos de separaciones del metal en las placas de acero. La causa puede ser una consecuencia de defectos en el lingote o puede provenir del laminado o forjado de la placa.

En casi todos los casos estos defectos no se consideran realmente peligrosos. Es poco probable que afecten a las características de servicio del acero siempre que dichos defectos se produzcan en sentido paralelo a la superficie del mismo.

Las laminaciones y hendiduras que se producen perpendicularmente o diagonalmente a la superficie de la placa deben considerarse peligrosas. Algunos de estos defectos pueden atravesar totalmente el espesor de la pared. (Ref. 1)

Los defectos que normalmente se presentan son :

DEFECTOS DE LAMINACION :

Normalmente se producen en el interior de los materiales de placa o tubo y tienden a presentarse paralelamente a la superficie. Comúnmente se deben a inclusiones o sopladuras existentes en el lingote. En el proceso de laminado las inclusiones quedan alargadas y aparecen como fibras longitudinales no metálicas.

Las laminaciones de importancia y algunas veces incluso las que se consideran de poca importancia pueden causar grietas o roturas durante la fabricación final.

PLIEGUES :

Estos se pueden producir durante el laminado de las placas o tubos, generalmente aparecen paralelamente a la superficie del tubo y si no profundizan, no se consideran peligrosas y por lo tanto son rechazables. Los defectos de pliegues de poca profundidad considerados aceptables según las especificaciones de ASME Sec. VIII div. 1, pueden causar fugas en los recipientes, colectores y tubos. Cuando se corta a través de la superficie de los pliegues el líquido o gas puede pasar desde la boca a la superficie donde la fuga puede detectarse mediante una prueba de agua jabonosa.

Hay casos en que el sistema de detección así como la prueba hidrostática no revelan la presencia de pliegues superficiales.

HENDIDURAS :

Estas son el resultado de la fragilidad en caliente de poros o inclusiones que no soldaron durante el laminado. Las hendiduras se desarrollan en la dirección del laminado y frecuentemente aparecen sobre la superficie de la placa en forma de figuras paralelas muy próximas.

Las hendiduras también pueden presentarse lo suficientemente cerradas como para no causar fuga en la prueba hidrostática, siempre que esta no sea a elevada presión.

II.1.2. DEFECTOS METALURGICOS

Los defectos metalúrgicos son de una magnitud suficiente para llegar a convertirse en causa de rotura, pueden producirse dentro de la propia sección del metal donde el tratamiento térmico produce una zona de elevada dureza. (Ref. 1)

Los defectos que normalmente se presentan son :

FRAGILIDAD EN CALIENTE :

Se producen con mayor rapidez a elevadas temperaturas sobre todo en las proximidades del punto de fusión del metal. Generalmente se relaciona con impurezas y materiales no metálicos que se encuentran presentes en las uniones intergranulares y a ciertos niveles de temperatura, reduciendo considerablemente la tendencia del material.

Las impurezas, inclusiones no metálicas funden a temperaturas por debajo del punto de fusión de las aleaciones. A este estado se le conoce como licuación. La fragilidad en caliente puede ser consecuencia de un proceso externo o provenir de una característica conocida o imprevista de una determinada aleación .

CARBURACION Y DESCARBURACION DE LA SUPERFICIE :

Es el proceso de conformado en caliente de las placas, tubos, accesorios, etc. , se debe tener cuidado para que no se produzca una excesiva carburación o descaburación en la superficie del acero, evitando así que se llegue a efectuar la soldadura y las características de los materiales en servicio, de lo contrario la superficie se vería afectada haciéndola mas sensible a las picaduras por oxidación o al agrietamiento por esfuerzo de corrosión.

VARIACION DE LA DUREZA :

La dureza de un acero varia con su composición química y con el tratamiento térmico al que sea sometido. Una elevada dureza tiende a incrementar el límite elástico y la resistencia a la tracción, así también reduce la ductilidad. Si la dureza llega a variar originara que se esperen fatigas térmicas o mecánicas en servicio, existiendo la posibilidad que se produzcan roturas.

DEFECTOS DE FORJA :

Bastantes de los elementos utilizados en los recipientes a presión son obtenidos por métodos de forja ; Los defectos de forja debidos al material son principalmente estructurales, de composición, por inclusiones y fallas inducidas por sobrecalentamiento. Los defectos de forja que normalmente se tienen son :

Pliegues en frío.-

Son originados por diseño incorrecto de los dados o por mala posición del material al forjar.

Grano grande.-

Por falta de control de la temperatura durante la etapa final de la operación

Mala impresión.-

El material no llena correctamente la cavidad del dado por tener uno u otros dimensionamientos incorrectos, puede deberse también en una operación efectuada a baja temperatura o finalmente a errores de diseño.

Desplazamiento.-

La causa de la falta de alineación entre los bloques dados y piezas durante el martilleo.

Grietas de ensanchamiento.-

Se forman cuando la reducción de espesor del material es demasiado drástica y no se mantiene la debida proporción entre las dimensiones.

II.2. CLASIFICACION DE FALLAS

Cabe aclarar que una de las causas u origen que ocasiona la falla es el mecanismo por el cual se desarrolla esta. Existen diferentes mecanismos de fallas entre los que podemos mencionar los siguientes

Fallas por agrietamiento**Fallas en soldadura****Fallas a elevadas temperaturas****Fallas por fatiga****Fallas por corrosión :** - corrosión galvánica

- corrosión por picadura
- corrosión bajo esfuerzo
- corrosión intergranular

- Fallas por corrosión :**
- corrosión alveolar
 - corrosión en filo de cuchillo
 - corrosión en hendidura
 - erosión
 - fragilidad cáustica
 - etc.

- Fallas por daño de hidrógeno :**
- fragilización por hidrógeno
 - ampollamiento por hidrógeno
 - agrietamiento por hidrógeno inducido
 - agrietamiento bajo tensión en presencia sulfuros.
 - etc.

Ocurren fallas por mecanismos combinados, los cuales las hacen complejas y difíciles de identificar; este aspecto a motivado que el análisis de fallas haga uso de elementos y características de fractura microscópica, o metalográfica; para describir pero sobre todo identificar y caracterizar el tipo de falla.

Aunque existen numerosas condiciones que pueden ser causa de roturas en servicio, la responsabilidad de una rotura o falla puede asignarse generalmente a una de las cinco clasificaciones que damos a continuación: (Ref. 1)

- 1.- Proyecto (estructural, disposición de entalladuras, situaciones de uniones o configuración de los cordones de soldadura)
- 2.- Materiales (selección y manejo de los materiales base y soldadura)
- 3.- Defecto del metal base (introducidos en el proceso de fabricación y trabajado de elementos de chapa o tubería tales como accesorios fundidos o forjados, etc.)
- 4.- Montaje (montaje propiamente dicho, soldadura, tratamiento térmico, limpieza de recipientes a presión o tuberías durante el montaje en el taller o en la obra.)
- 5.- Servicio (condiciones en servicio extremadamente severas)

Una rotura se produce como consecuencia de la aparición de una grieta o proceso de corrosión y, a veces, debido a la combinación de ambas. La mayoría de las roturas se desarrollan en forma progresiva. Después de atravesar el espesor de la pared del recipiente, depósito o conducción tubular, se produce una abertura en la superficie a través de la cual puede pasar una parte del vapor, líquido o gas conducido por las tuberías. Esta circunstancia constituye un aviso de la posibilidad de una situación peligrosa. Las roturas en las que se producen grietas parciales a través de la pared acompañadas de la fractura inmediata del tubo o en las que dicha fractura se origina sin ir precedida de una grieta detectable, son muy raras. Estas roturas repentinas se consideran con verdadero respeto, ya que pueden dar lugar a accidentes y pérdidas de vidas humanas y, por otra parte resulta extraordinariamente costoso para la planta. La mayor parte de este tipo de roturas están relacionadas con el comportamiento de algunos aceros ante la fragilidad por entalladura.

(Nota: Cabe mencionar que solo hago mención de algunos tipos de fallas, aclarando que existen más y para mayor información consultar la bibliografía 1)

II.3. FALLAS POR AGRIETAMIENTO

Ahí donde se presentan roturas por agrietamiento pueden definirse tres fases, que son: Iniciación, Desarrollo y propagación.

Iniciación de la grieta.-

La iniciación de una rotura implica ciertas condiciones que son causa del agrietamiento inicial. Tales agrietamientos pueden ser de tamaño submicroscópico o incluso puede ser perceptible a simple vista. En la iniciación de una grieta hay que considerar tres condiciones:

- a) La presencia de defectos estructurales y falta de homogeneidad en los componentes originales.
- b) La presencia de defectos metalúrgicos y falta de homogeneidad en los componentes originales.
- c) Defectos introducidos en el periodo de servicio en la parte estructural y metalúrgica de los materiales.

Generalmente, solo la primera condición es investigada por técnicos de inspección basadas en procedimientos no destructivos. Los defectos estructurales pueden variar desde dislocaciones atómicas en el material hasta grandes discontinuidades apreciables a simple vista.

Muchos de los grandes defectos, como las inclusiones en el metal base, las agrupaciones de poros en soldaduras, etc; puede no ser un factor determinante de la reducción de la vida de recipientes, depósitos o elementos tubulares a presión. Sin embargo, muchos otros defectos visibles sobre la superficie e invisible debajo de la misma, pueden dar lugar a roturas en servicio.

Desarrollo de grieta.-

La iniciación y extensión de una grieta hasta su dimensión crítica se define como la etapa de desarrollo inicial. La amplitud depende de factores tales como las propiedades mecánicas y metalúrgicas del material, la naturaleza del defecto inicial, el tamaño y espesor del recipiente o tubo, el grado de fatiga originado por las tensiones residuales y externas así como las cargas. En los materiales frágiles, la etapa de desarrollo puede ser casi infinitamente pequeña; por el contrario en el material dúctil, la grieta puede extenderse sobre el espesor de la pared en una longitud apreciable.

Propagación de la grieta.-

La etapa de propagación constituye un estado inestable, dicha propagación puede ser continua o intermitente, puede ser extraordinariamente rápida. En un material dúctil, la propagación de una grieta es generalmente lenta, pudiendo necesitar días, meses, años e incluso décadas para producir una perforación del espesor de la pared un recipiente a presión o tubo. Por ello, este tipo de roturas pueden tener la apariencia de fractura por fragilidad e incluso la forma de dicha fractura puede ser inicialmente del tipo cortante. En estos casos, un elevado esfuerzo mecánico, térmico o carga externa puede ser el agente iniciador de una rotura repentina final.



(A)



(B)

Fig. II.3. Fallas por agrietamiento de esfuerzos debido a la corrosión.

Fig. A muestra la falla en el recipiente; la Fig. B muestra la sección aumentada de la falla

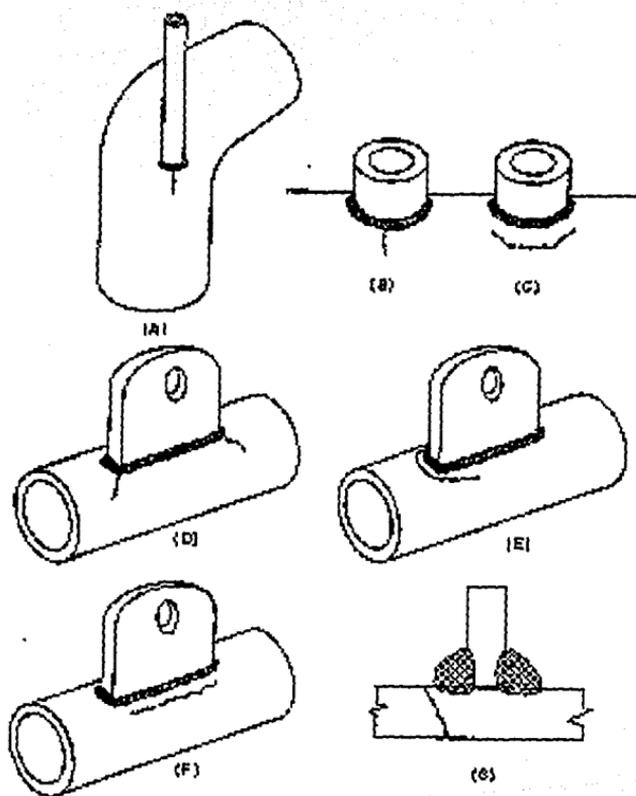


Fig.11.3.1. Ejemplos de grietas debidas a esfuerzos por corrosión y fatiga por corrosión en soldaduras de injertos y elementos de sujeción de tuberías o depósitos.

II.4. FALLAS EN SOLDADURAS

Un gran porcentaje de las fallas que ocurren en equipos, tuberías y demás componentes que constituyen una planta industrial, son originados en uniones soldadas, de ahí la necesidad de efectuar uniones soldadas seguras y confiables.

Las causas comunes se deben a un diseño inadecuado o a una mala selección del electrodo, en otras ocasiones se debe a defectos presentes en la unión, a un deficiente precalentamiento o relevado de esfuerzos. Los defectos en la soldadura pueden ser de tipo mecánico o metalúrgico. (Ref. 9 y 10)

Tanto los cordones de soldadura como los materiales base no son perfectos. Algunos de los llamados defectos de soldadura representan solamente cambios de la uniformidad en el espacio que separa la soldadura del metal base o dentro de la soldadura. Dentro de los defectos más críticos en una soldadura se encuentran las grietas, falta de penetración, falta de fusión, hasta los poros pasando por las líneas de escoria, concavidades en la raíz, etc.

Grietas.-

Las grietas representan roturas del metal sometido a esfuerzos. Aunque algunas veces son grandes, las grietas son frecuentemente ligeras separaciones en la soldadura o en el metal base cercano. Existen varios tipos de grietas en soldaduras, agrupadas normalmente en los siguientes tipos :

- | | |
|---|---------------------------|
| a) Grietas en caliente en la soldadura. | e) Grietas longitudinales |
| b) Grietas en frío en la soldadura. | f) Grietas transversales |
| c) Microfisuras. | g) Grietas de raíz |
| d) Grietas en el metal base. | etc . |

(Nota : Existen más tipos de grietas para mayor información consultar Ref. 1)

Grietas en caliente :

Usualmente ocurren a temperaturas elevadas cercanas a los 540°C o más , estas se propagan por los límites de grano y generalmente ocurre cuando el metal fundido solidifica.

Grietas en frío :

Ocurren después que el metal solidifica y la temperatura está por debajo de los 315°C ; éstas pueden propagarse por los límites del grano, pero generalmente atraviesan el grano.

Microfisuras o Microgrietas : Son fisuras muy pequeñas y pueden producir agrietamiento en caliente o en frío.

Grieta Longitudinal :

Estas grietas se propagan en la misma dirección de la soldadura. Ocurre tanto en el metal base como en el de soldadura.; son de tipo garganta y ocurren entre la raíz y la cara.

Grieta Transversal :

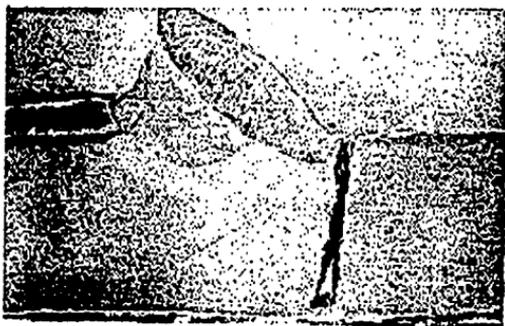
Estas grietas están en ángulo recto respecto a la soldadura y pueden comenzar tanto en el metal base como en el metal de soldadura; también puede propagarse de un metal a otro como el resultado de una contracción.

Grieta de Raíz :

Son grietas longitudinales en la raíz de la soldadura. Son generalmente grietas en caliente, causadas por un esfuerzo exclusivo de contracción al solidificarse la soldadura.



(A)



(B)

Fig.II.4. Grieta producida en el extremo de la soldadura entre el anillo de refuerzo y el tubo colector;
fig.A. La sección aumentada, nos muestra la línea de propagación de la grieta ; fig B

II.4.1. PENETRACION INCOMPLETA

A menudo la raíz de una soldadura no quedara adecuadamente rellena de metal, dejando un vacio que aparecerá en la radiografía como una línea oscura continua o intermitente. Esta penetración incompleta puede ser debida a una abertura excesivamente pequeña de la raíz, a un electrodo demasiado grueso, a una corriente de soldadura insuficiente, también a la excesiva velocidad de pasada, o penetración incorrecta en la ranura, etc. (Ref. 1 y 10)

Este defecto no es aceptable y requiere la remoción completa del cordón de soldadura anterior y repetición del proceso

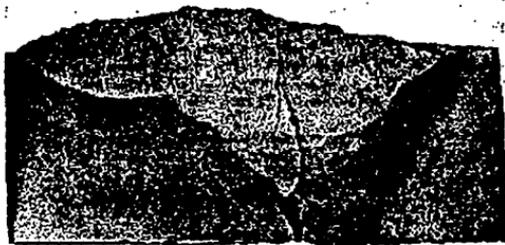


Fig. II.4.1. Falta de penetración en la raíz de una soldadura a tope que condujo a la ruptura del tubo de acero al carbono para alimentación de agua de una caldera por agrietamiento debido a esfuerzos de corrosión.

II.4.2. FALTA DE FUSION

La falta de fusión se produce en las interfaces de la soldadura, donde las capas adyacentes del metal o el metal base y, el metal de la soldadura no se fusionan debidamente debido principalmente a una capa muy fina de óxido que existe en la superficie del metal. Por lo general, esta capa de óxido se debe a una falta de calentamiento del metal base o al deposito previo de metal de soldadura en volumen suficientemente grande que impide que cualquier capa de óxido, escoria, impureza, etc; remonte a la superficie. (Ref.1)

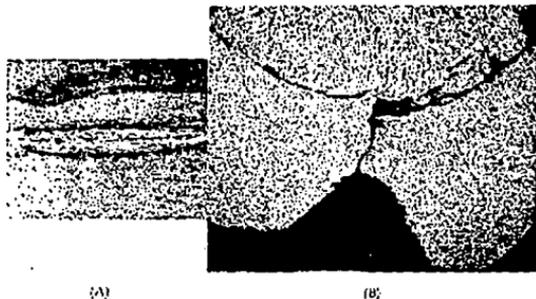


Fig. II.4.2. Cráter de soldadura en la cara baja de una soldadura de tubería de acero al carbono hecho por el procedimiento de boquilla consumible (MIG) fig. A. La macrografía del cráter demostró falta de fusión entre los cordones de la raíz de la unión. fig. B.

II.4.3. POROSIDAD

Es la presencia de bolsas de gas (normalmente de forma esférica) causadas por el gas, que no tubo tiempo de salir durante la solidificación del baño de soldadura. A veces a los poros largos se les llama vermiculares; las grandes bolsas de gas alargadas se llaman sopladuras y pueden estar parcialmente llenas de escoria



Fig.II.4.3. Porosidad de una soldadura con electrodo, por inclusiones en el metal base de acero

La porosidad puede ser causada por :

- 1) Cubertura deficiente
- 2) Corriente excesiva
- 3) Revestimiento del electrodo humedo
- 4) Fundente en malas condiciones
- 5) Contaminación en el metal base por aceite o polvo en la junta.
- 6) Presencia de hidrógeno.

En radiografía aparecen como círculos oscuros.

Existen varios tipos de porosidad, de los cuales solo se mencionan y son los siguientes :

- Porosidad uniformemente distribuida
- Porosidad en grupo
- Porosidad lineal
- Porosidad tubular.

(Nota : Para mayor información consultar la bibliografía 1)

II.4.4. ALINEACION DE ESCORIA

Son inclusiones de escoria en línea. Pueden presentarse en la raíz de soldadura de tuberías entre un anillo de raíz que no está íntimamente acoplado al borde de la soldadura. También se presentan en el interior de la soldadura especialmente entre la primera y la segunda pasada donde la escoria se deposita en la hendidura entre cordón - chaffán y no se puede limpiar bien.

II.4.5. CONCAVIDAD

Se produce por el hundimiento debido a la gravedad del metal fundido, o por la tensión superficial del chafalán de soldadura que introduce el metal fundido dentro del mismo. La aparición de este defecto se debe a varios factores incluyendo preparación de la unión, variables de procedimientos de soldadura y materiales. (Para mayor información acerca de este tipo de falla Ref. 1,9 y 10)

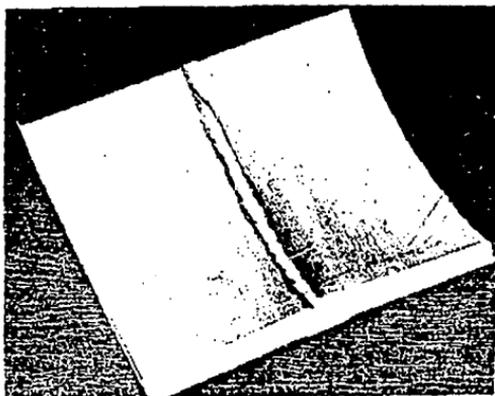
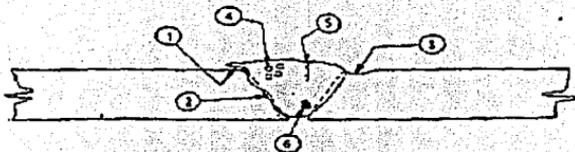


Fig. II.4.5. Ejemplo de concauidad (hundimiento) en soldadura de tubería que no se considera perjudicial.

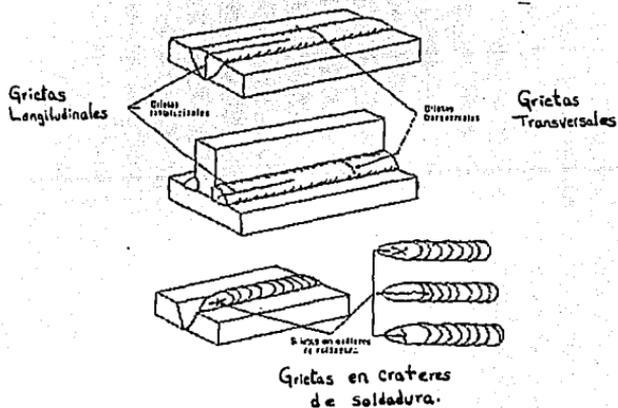
En la siguiente figura se muestran algunas de las más importantes causas de las fallas por soldadura, aclarando que existen más.



DEFECTOS DE SOLDADURA TÍPICOS

- 1) Soplado
- 2) Falta de Fusión
- 3) Socavación
- 4) Porosidad
- 5) Grieta
- 6) Inclusión de Escoria

GRIETAS TÍPICAS EN SOLDADURA



11.5 FALLAS A TEMPERATURAS ELEVADAS

En caso de que el recipiente a presión este sujeto a una temperatura variable diferente a la del medio ambiente se considerara este tipo de falla. La vida útil de un componente metálico a temperatura elevada es irremediablemente mas corta cuando esta sujeto también a cargas estáticas o cíclicas. La aplicación de un esfuerzo a altas temperaturas da como resultado la producción de una deformación continuada que es la "Termofluencia".

Por definición la termofluencia es la deformación dependiente del tiempo y Temperatura que ocurre bajo la aplicación de un esfuerzo. (Ref. 6)

Este proceso puede llegar a terminar en fractura, conocida como rotura por termofluencia. La forma en que ocurren las fallas por termofluencia dependen principalmente de :

- El tipo de metal o aleación
- El medio ambiente
- La temperatura
- El esfuerzo
- El tiempo

Para un metal o una aleación generalmente se considera "ALTA o ELEVADA" temperatura cuando el efecto de termofluencia llega a ser comparable con el efecto de la deformación por plasticidad independiente del tiempo.

Así por ejemplo, el comportamiento de temperatura elevada se presenta en aleaciones de aluminio a unos 200 ° C, a 375 ° C para aceros a baja aleación , a unos 550 ° C para aleaciones ferrosas austeníticas y de unos 1000 a 1550 ° C para metales y aleaciones refractarios.

Fallas más comunes a Temperaturas Elevadas

Los mecanismos de falla mas comúnmente encontrados a temperaturas elevadas son :

- Ruptura por termofluencia
- Fatiga de alto y bajo número de ciclos
- Fatiga térmica
- Sobrecarga en tensión, etc.

Estos mecanismos de falla frecuentemente pueden actuar en forma combinada y ser modificadas marcadamente por el efecto del medio ambiente.

II.5.1. ROTURA POR ESFUERZO

Cuando la deformación plástica en termofluencia no conduce al relajamiento del esfuerzo aplicado es usual que el componente se fracture. Dependiendo el metal, la fractura puede ser (microscópicamente) frágil o dúctil.

La fractura frágil es intergranular y ocurre después de toda deformación, mientras que la fractura dúctil es transgranular y típicamente es precedida por una deformación, así como reducción considerable.

II.5.2. FATIGA DE ALTA TEMPERATURA

Normalmente, las propiedades en fatiga de un material se reportan en forma de curva S - N (esfuerzo máximo vs. número de ciclos a la fractura) ; la resistencia a la fatiga disminuye a aumentar la temperatura, dependiendo del tipo de material.

En adición, efectos de fatiga pueden ser mezclados con efectos de termofluencia, corrosión, etc. Lo cual complica la situación en los casos reales. En condiciones de alta temperatura, las fallas por fatiga son generalmente intergranulares. Este tipo de falla difícilmente irán acompañados por una deformación considerable.

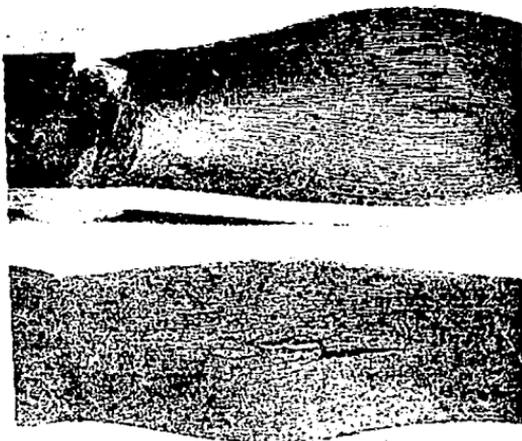


Fig. II.5.2. Superficies interior y exterior de la sección de un tubo de acero al carbono de 2 1/8" (54mm) de diam. Trabajando a una temperatura de 950°F (510°C) El material era acero aleado Cr - Mo (1 1/4, 1/2)

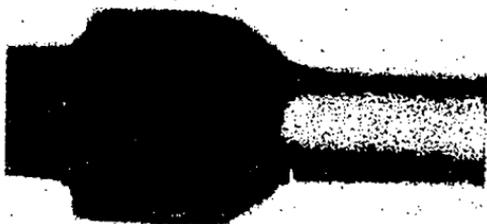
II.5.3. FATIGA TERMICA

Otra fuente de cargas cíclicas esta constituida por gradientes térmicos transitorios que se repiten con cierta periodicidad. Las grietas de fatiga térmica se inician en superficies y progresan hacia dentro del material, se orientan perpendicularmente a la superficie y pueden aparecer una o varias grietas, estas pueden avanzar por vía intergranular, pero lo mas usual es que lo hagan transgranularmente.

A diferencia de la termofluencia (cuando ocurre en un grado considerable), la fatiga térmica produce pocas grietas y las superficies de fractura son continuas y planas.



(A)



(B)

Fig. II.5.3. Ruptura por fatiga térmica en un serpentín de enfriamiento hecho de acero inoxidable tipo 316 debida a frecuentes calentamientos y enfriamientos, desde 525°F. (A) mostrando localización de la grieta. (B) radiografía mostrando la grieta.

II.5.4. FALLAS INDUCIDAS POR EL MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente y las interacciones de este con las superficies de componentes metálicos son de primordial importancia. De hecho la fuente principal de falla a temperatura elevada es la degradación causada por el medio. Los tipos de degradación de los materiales a temperaturas elevadas son varios, tales como: oxidación general, oxidación de los límites de grano, corrosión por sales o metales fundidos, erosión, carburización, etc.

II.5.5. TRANSICION DE FRACTURA TRANSGRANULAR A INTERGRANULAR

Este es el principal factor metalúrgico que influye en el comportamiento Esfuerzo - Ruptura. La transición ocurre a la llamada temperatura equicohesiva y se debe a las diferentes propiedades entre los límites y el interior de los granos. (Ref. 6)

A bajas temperaturas, los límites de grano son más resistentes que el interior de los mismos, lo contrario sucede a elevadas temperaturas. De ahí que la deformación y la fractura pasen a ser de transgranular a intergranular conforme se eleva la temperatura.

El tipo de exposición y el nivel de esfuerzo hacen variar la temperatura equicohesiva, si los tiempos y/o esfuerzos se reducen, la temperatura equicohesiva se incrementa.

II.6. FALLAS POR FATIGA (EFECTO MECANICO)

La fatiga representa las condiciones que producen una fractura bajo esfuerzos repetidos y que tienen un máximo valor menor que la carga de tracción del material. Las fracturas por fatiga son progresivas; empiezan como grietas diminutas que crecen por la acción de esfuerzos alternativos.

En depósitos y tuberías a presión, se puede producir fatiga mecánica por las siguientes condiciones individuales o por combinación de ellas. (Ref. 5 y 6)

- 1.- Variación de presión
- 2.- Variación de caudal
- 3.- Variación de sistema
- 4.- Factores externos

El punto 1, se refiere a cambios en la presión interior.

El punto 2, se refiere a caudales no uniformes que pasan a través de una válvula reductora de presión, golpes de ariete de agua o de vapor, cavitación por vapor de agua, etc.

El punto 3, se refiere a variaciones producidas en un calderín o depósito a presión por las diferentes dilataciones de las tuberías conectadas.

El punto 4, son las vibraciones producidas por componentes específicos tales como los causados por un compresor, bomba o por la variación de la presión del aire o la presión del caudal en tuberías tendidas bajo el agua.

La fatiga límite.-

Es el máximo esfuerzo por debajo del cual un material puede soportar un número infinito de ciclos, y depende de las condiciones de carga, tipo de ciclos, dimensiones de la pieza, acabado superficial, temperatura, etc.

La resistencia a la fatiga.-

De un material es el máximo esfuerzo que puede resistir el material durante un cierto número de ciclos sin romper. Este esfuerzo es alternativo con cada ciclo. El número de ciclos de fatiga que produce la rotura puede variar de muchos millones de ciclos a menos de un millón de ciclos, esto es 10,000 ciclos, se denomina bajos ciclos y más de 10,000 ciclos se denomina fatiga de altos ciclos.

En fatigas a bajos ciclos la magnitud y el período de aplicación de la carga son suficientemente grandes para producir deformación plástica en el material. La histéresis generada en el material debido a los esfuerzos y deformaciones puede variar de un ciclo a otro. La causa de la rotura es la disminución de la ductilidad debida a un incremento por deformación, así como la formación y propagación de la grieta. La rotura que aparece por debajo del límite de bajos ciclos inferior se considera como choque - mecánico.

Las fracturas por fatiga generalmente muestran unas muescas llamadas "Marcas de playa o conchas de almeja"

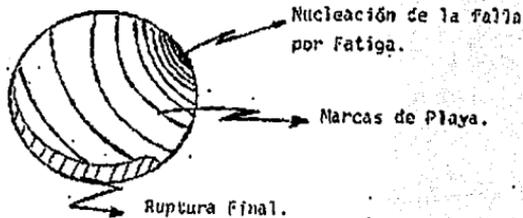


Fig. 11.6

Estas fallas por lo general inician en la superficie exterior de la pieza, donde los defectos superficiales (ralladuras, fisuras y los cristales orientados desfavorablemente a la acción de las cargas de tensión), dan lugar a la acumulación de deterioros locales que iniciaran la rotura de las piezas.

Las fracturas por fatiga, se inician en aquellos puntos en donde se presentan un mayor nivel de esfuerzos y generalmente en aquellas zonas en donde se tienen agujeros, irregularidades geométricas y secciones esquinadas; de los cuales se puede dar una clasificación :

- 1.- Cambios de geometría : Como son agujeros, cajas de cuna, cuerdas, etc.
- 2.- Discontinuidades superficiales : Como ralladuras, muescas, marcas de maquinado, etc.
- 3.- Defectos inherentes en el materia : Como inclusiones no metálicas, microfisuras, sopladuras, etc.

Las fallas por fatiga presentan en su desarrollo tres etapas y estas son:

1ra. Etapa.- En esta etapa se inicia la formación de la grieta que dará lugar a la rotura del material y su profundidad no se extenderá mas de dos o cinco granos del origen de la falla.

2da. Etapa.- Aquí la grieta procederá a propagarse a través del material generando una serie de placas paralelas; las marcas generadas se les denomina "Estricciones".

3ra. Etapa.- Se caracteriza por que la sección efectiva de trabajo de la pieza es ya incapaz de resistir la carga aplicada dando lugar a la rotura del material.

II.6.1. NATURALEZA DE ROTURA POR FATIGA.

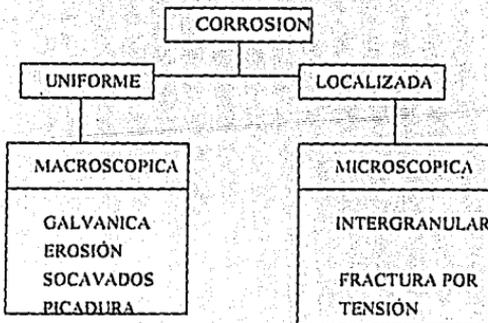
La rotura por fatiga es el resultado de las deformaciones elásticas y elasto - plásticas múltiples que se alternan con rapidez y que en virtud de la heterogeneidad del material, se distribuyen irregularmente en la pieza. (Ref. 1)

II.7. FALLAS POR CORROSION.

Se conocen muchos tipos de procesos de corrosión que pueden causar o contribuir a la rotura de depósitos, tanques y tuberías a presión.

Por definición se tiene que:

Corrosión : Es la destrucción de un material por reacciones químicas o electroquímicas con su medio ambiente.



El medio ambiente de un servicio puede llegar a ser mas corrosivo cuando se producen variaciones en el medio químico, así como en las soluciones contenidas en los tanques o los conducidos por las tuberías.

II.7.1. CLASIFICACIÓN

Los tipos mas comunes de corrosión asociados con las condiciones en servicio son :

- Corrosión general
- Corrosión localizada
- Corrosión galvánica
- Corrosión alveolar
- Corrosión intergranular
- Corrosión en hendidura
- Corrosión aumentada por esfuerzos
- Corrosión en filo de cuchillo
- Erosión,
- etc.

II.7.2. CORROSION GENERAL

Se caracteriza por un ataque relativamente uniforme sobre la superficie del tanque o tubería. Puede ocurrir en todo el deposito, tanque, tubería o bien en una sección determinada tal como en el fondo de un tanque.

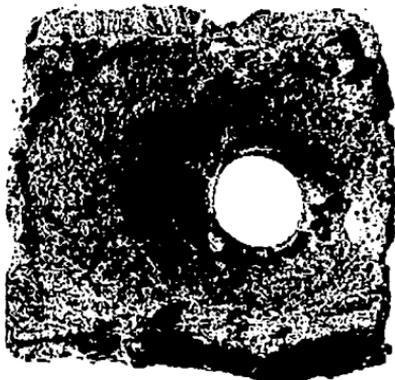


Fig.II.7.2. Rupturas por corrosión en un tubo ASTM A106, grado B, perteneciente al sistema de tubería de agua

de alimentación de una caldera.

II.7.3. CORROSION LOCALIZADA

Cuando el deterioro se presenta en forma de pequeños ataques en la superficie. Este tipo de ataque puede causar corrosión alveolar o corrosión en fisuras.

II.7.4. CORROSION MECANICA - QUIMICA

Abarcando la acción de esfuerzos y efectos químicos. Este tipo de ataque se produce a menudo en combinación con agrietamiento o fuerte corrosión localizada.

II.7.5 CORROSION GALVANICA

Se produce por la corriente de una pila de electrodos diferentes. Este tipo de corrosión se presenta cuando se une por soldadura, remachado, etc: materiales diferentes.

Puede ocurrir también en superficies chapadas o recubiertas con ciertos metales o pinturas aplicadas invertidamente.

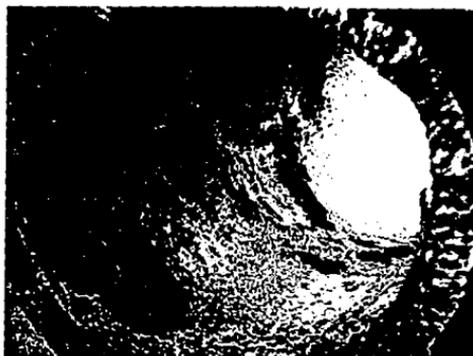


Fig. II.7.5. Corrosión galvánica en tubería de descarga de bomba de alimentación de caldera, fabricada con acero al carbono tipo 120 y de 6" de diam

II.7.6. CORROSION INTERGRANULAR

Es un tipo de corrosión localizada, tiene lugar cuando existe una pronunciada diferencia reactividad entre los límites de granos y el resto de la matriz metálica, esta diferencia se observa en los aceros inoxidables, cuando se forman carburos de cromo en los límites de grano durante el calentamiento del acero en el intervalo de los 482 - 760 ° C de forma que los límites de grano se empobrecen de Cr tornándose anódica con respecto a las regiones circundantes produciéndose la corrosión en los límites de grano.

II.7.7. CORROSION EN FILO DE CUCHILLO

Este tipo de corrosión se presenta en la zona comprendida entre el metal base y el de soldadura. Así también se presenta la mayoría de las veces en aceros inoxidables austeníticos, particularmente en aquellos que contienen molibdeno. Se asocia este tipo de ataque a una formación de carburos a temperatura próxima a la de fusión o a la de fases de bajo punto de fusión en el metal base adyacente a la soldadura, produciéndose corrosión galvánica localizada.

II.7.8. CORROSION ALVEOLAR

Esta se presenta en forma de picadura, se da con mucha frecuencia en metales ferríticos y no ferríticos. También se describe como corrosión por "Concentración de pilas" pues resulta de la existencia de potenciales electroquímicos diferentes fuera y dentro de las picaduras, por una diferencia en la concentración de oxígeno. Las picaduras con falta de oxígeno actúan como ánodo y el material no atacado, como cátodo. La susceptibilidad a este tipo de corrosión aumenta por la presencia de entalladuras, defectos, roturas de las capas de óxido o película del metal.



Fig. II.7.8. Corrosión alveolar en una tubería de acero de tipo 40 de 2" (50mm) de diam. Para conducción de vapor condensado

II.7.9. CORROSION EN HENDIDURA

Es una corrosión de contacto. A menudo ocurre por contacto entre materiales no metálicos y metales pasivados. El corrosivo en la hendidura normalmente elimina algún constituyente de la película protectora, como por ejemplo, oxígeno. Cuando se rompe la capa protectora, empieza la corrosión. Este tipo de corrosión se presenta con frecuencia en juntas roscaadas. Se puede evitar usando compuestos de juntas o soldaduras para evitar la entrada de líquido en la hendidura.

II.7.10. CORROSION BAJO ESFUERZOS

Este tipo de corrosión es el resultado del efecto combinado entre corrosión y esfuerzo de tracción; causando la falla en menos tiempo que si actuaran por separado ambos factores; bajo estas condiciones se forman grietas muy finas que penetran profundamente a través del material.

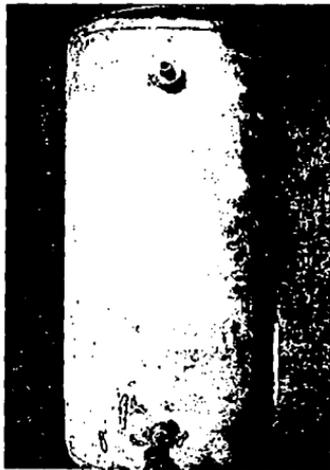


Fig. II.7.10. Agrietamiento por esfuerzos de corrosión de un tanque de acero inoxidable de 24" por corrosión del fondo de un tanque para agua de acero, producido por la humedad que entró en el aislamiento.

II.7.11. FRAGILIDAD CAUSTICA

Es otro tipo de esfuerzo por corrosión. Se refiere al agrietamiento de un metal sumergido a esfuerzos o en contacto con otra solución alcalina. La sosa cáustica es usada con frecuencia en depósitos a presión y otros equipos para neutralizar las superficies que estuvieron expuestas a la acción de algún ácido.

En algunos procesos de refinería, la sosa cáustica se utiliza como un disolvente y también en la fabricación de algunas grasas. A temperaturas superiores a los 150°F, los aceros al carbono y de baja aleación llegan a ser muy susceptibles al agrietamiento por esfuerzos de corrosión debido a la sosa cáustica.

II.7.12. EROSION

Significa la destrucción de un metal por la acción abrasiva de un líquido o vapor. La presencia de partículas sólidas en suspensión o líquidas arrastradas en vapor, pueden acelerar este tipo de ataque. Además la erosión es con frecuencia aumentada por la corrosión.

La erosión se presenta normalmente en zonas donde disminuye la sección de paso o existe cambio de dirección. Puede producirse principalmente en tuberías de entrada o salida, en tuberías opuestas de depósitos, en codos y en válvulas donde existe estrangulamiento. Cuando la erosión es consecuencia de la formación y colapso de cavidades en un líquido en la superficie de contacto entre sólido y líquido, el ataque corrosivo se conoce por CAVITACION.



Fig.II.7.11.Ruptura por erosión en un codo de acero al carbono, producida por cavitación del vapor en el gus

Así podríamos seguir enunciando diferentes tipos de fallas por corrosión, además de las ya mencionadas; por lo que aquí nos referimos a algunas de las más importantes, aclarando que existen otras. (Para mayor información consultar Ref. 1 y 6)

II.8. FALLAS POR DAÑO DE HIDROGENO

Es un mecanismo de falla que consiste en la presencia inicial y la observación de cantidades excesivas de hidrógeno a través del material, en presencia algunas veces de esfuerzos residuales, este daño se manifiesta con una disminución en la ductilidad.

El hidrógeno es uno de los productos normales de la reacción de corrosión básica entre hierro y agua. El hidrógeno atómico formado en el área de corrosión se puede combinar con otro átomo de hidrógeno para formar otra molécula, la cual se dispersa en el líquido circundante o puede introducirse en el metal en forma de átomo.

II.8.1. FRAGILIDAD POR HIDROGENO

Significa una pérdida de ductilidad del acero por absorción de hidrógeno. La resistencia a la tracción a penas se reduce; El proceso es reversible y la ductilidad puede ser recuperada mediante tratamiento térmico. La fragilización por hidrógeno es una de las principales causas que originan grietas en las soldaduras .

Las fuentes de hidrógeno en el proceso de soldadura suelen ser las atmosféricas de cobertura, los electrodos húmedos o con recubrimiento de celulosa, este hidrógeno se disuelve en el metal fundido a pesar de su baja solubilidad en el acer, y por difusión entra en la zona afectada térmicamente, creando una zona con esfuerzos inducidos a través del límite de grano y del grano mismo.

II.8.2. DAÑOS POR HIDROGENO

Significa un debilitamiento permanente del acero debido a la aparición de microfisuras. El agrietamiento producido por el hidrógeno se presenta en los límites de grano. Esta fragilidad por hidrógeno producida en los equipos es bastante grande, cuando sus servicios se desarrollan en un ambiente de hidrógeno caliente como ocurre en transformadores catalíticos. Estas rupturas se producen generalmente entre los 600 y 1000 °C.

El daño por hidrógeno produce una fractura tipo ventana con bordes gruesos, y generalmente con incrustaciones internas en la zona de falla. La localización de este tipo de falla es generalmente en lugares donde existe una interrupción de flujo, en tuberías horizontales o inclinadas y donde existe un alto flujo térmico.



Fig. II.8.2. Ruptura de un tubo de caldera, producido por fragilización y daños causados por el hidrógeno

II.8.3. PROGRESION DE LA ROTURA

Las roturas en tubos de calderas y recipientes a presión parecen seguir la siguiente secuencia.

- 1.- Corrosión localizada (oxidación)
- 2.- Formación de una capa de óxido
- 3.- Descarburación del acero debajo de aquella capa
- 4.- Microfisuración intergranular
- 5.- Gran agrietamiento
- 6.- Rotura

La corrosión inicial generalmente va unida a la oxidación. Bajo ciertas condiciones de servicio, el oxígeno disuelto o combinado, probablemente puede producir la oxidación localizada del acero.

II.8.4. VESICACION POR HIDROGENO

Es producida por la difusión de hidrógeno atómico en el acero. Normalmente el hidrógeno tiende a difundirse en el acero, sin embargo cuando encuentra un rehecho, escoria o inclusión sulfurosa; el hidrógeno atómico cambia a molecular. La continua penetración del hidrógeno atómico en estos espacios produce una formación continua de hidrógeno molecular. Como consecuencia se alcanzan presiones internas que pueden llegar a ser del orden de varios miles de lb / pulg². Esto puede ocasionar un agrietamiento en el acero. El agrietamiento interno sucede ligeramente por debajo de la superficie del depósito o tubería y en el superficie del acero correspondiente aparece una serie de vejigas. Los aceros sucios que contienen inclusiones importantes se prestan a sufrir este tipo de defectos.

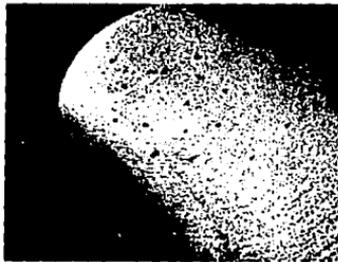


Fig. II.8.4. Vesicación en el interior de una tubería de 8" (203mm) de diámetro.

II.8.5. FRAGILIDAD CAUSTICA

Es otro tipo de esfuerzo por corrosión. Se refiere al agrietamiento de un metal sumergido a esfuerzos o en contacto con una solución alcalina. La sosa cáustica es usada con frecuencia en depósitos a presión y otros equipos para neutralizar las superficies que estuvieron expuestas a la acción de algún ácido. En algunos procesos de refinería, la sosa cáustica se utiliza, un disolvente y también en la fabricación de algunas grasas. A temperaturas superiores a los 150 °F, los aceros al carbón y de baja aleación llegan a ser muy susceptibles al agrietamiento por esfuerzos de corrosión debido a la sosa cáustica.

11.9. ANALISIS DE LAS CAUSAS QUE PRODUCEN FALLA.

En cualquier análisis de las causas que producen fallas es importante obtener tantos datos como sean posibles de la propia pieza que fallo, además de examinar las condiciones en el momento en que se produjo la falla. Algunas preguntas que deben hacerse son :

- 1.- Cuanto tiempo estuvo la pieza en funcionamiento ?
- 2.- Cual era la naturaleza de los esfuerzos aplicados a la pieza en el momento en que se produjo la falla ?
- 3.- Estuvo la pieza sometida a una sobrecarga ?
- 4.- Se instaló adecuadamente la pieza ?
- 5.- Estuvo sometida a servicio excesivo ?
- 6.- Hubo algunos cambios en el ambiente ?
- 7.- Tuvo la pieza un mantenimiento adecuado ?

Después de estudiar la superficie fracturada se deben contestar las preguntas siguientes :

- 1.- Fue la fractura dúctil, frágil o una combinación de ambas ?
- 2.- Empezó la falla en la superficie o por debajo de ella ?
- 3.- Empezó la falla en un punto, o se origino en diversos puntos ?
- 4.- Empezó la fisura recientemente o había estado creciendo por un tiempo largo ?

Las pruebas de laboratorio y de campo permiten evaluar los efectos del material, el diseño y las variables de fabricación sobre el comportamiento de la pieza en condiciones controladas; por otro lado, el análisis de las causas que producen fallas se centra en las piezas devueltas del servicio y de este modo da resultados de condiciones reales de operación. Combinando la información de los ensayos con los resultados del análisis, se puede obtener un cuadro claro de las causas que producen la falla. Rara vez son fallas asignadas a una sola causa, generalmente resultan de los efectos combinados de dos o mas factores que son perjudiciales para la vida de la pieza o estructura.

Los estudios detallados requieren generalmente un conocimiento previo de la historia del servicio (tiempo, temperatura, carga, ambiente, etc.) junto con el análisis químico, fotomicrografías y

semejantes. Siempre existe la posibilidad de aplicar cargas imprevistas, de colisiones no reportadas o de vibraciones no anticipadas que pueden haber contribuido a fallas prematuras.

El procedimiento para investigar una falla abarca cuatro áreas como sigue

1.- Observaciones iniciales:

Un estudio detallado visual de la componente real que fallo debe hacerse tan pronto como sea posible, una vez que sea detectada la falla; además, se deben registrar todos los detalles por medio de muchas fotografías para revisión posterior, y hacer la interpretación de las marcas de deformación, de la apariencia de la fractura, de la deterioración, de los contaminantes y otros factores.

2.- Datos informativos :

Reunir todos los datos disponibles referentes a las especificaciones y dibujos, diseño de componentes, fabricación, reparaciones, mantenimiento y utilización de servicio.

3.- Estudios de laboratorio :

Verificar que la composición química del material este dentro de los límites especificados y constatar las dimensiones y propiedades de la componente. Se deben hacer los ensayos suplementarios que se necesiten; por ejemplo, dureza y determinación de microestructura para verificar el tratamiento térmico, pruebas no destructivas para examinar si existen defectos de procesamiento o fisuras, composición de productos de corrosión, un ensayo de flexión libre para verificar la ductilidad, etc. A menudo, el examen de una superficie de fractura con un microscopio binocular de baja resolución puede resolver el tipo y causa de la falla.

4.- Síntesis de la falla :

Estudio de todos los hechos y evidencias, tanto positivos como negativos, y respuestas a las preguntas típicas dadas previamente. Esto, combinado con el análisis teórico, debe indicar una solución al problema de la falla.

CAPITULO III

PREVENCIÓN DE FALLAS

III.1. CONCEPTO DE PREVISIÓN

El tener conocimiento en todo momento del estado actual de los diferentes componentes de nuestras instalaciones, para diagnosticar adecuada y oportunamente todas aquellas situaciones que afectan su integridad estructural, de manera que con pronósticos de vida útil, podamos anticiparnos a la falla de la misma. Así como también proteger la vida y salud de los trabajadores y la calidad del medio ambiente. Para proteger las vidas humanas, el medio ambiente y las instalaciones hay que tener muy en cuenta la "PREVENCIÓN DE FALLAS", para lo cual es necesario apearse a reglas o políticas de control. (Ref. 8 y 11)

De acuerdo con el objetivo de la prevención de fallas podríamos definir siete objetivos subordinados que se podrían alcanzar con la "Prevención" y los cuales serían :

- 1.- Abatir los accidentes personales.
- 2.- Eliminar los incidentes industriales.
- 3.- Mejorar la continuidad de la operación.
- 4.- Alargar las corridas de operación de las plantas.
- 5.- Reducir los tiempos de inactividad de los equipos.
- 6.- Abatir costos de accidentes, costos de operación y costos de mantenimiento.
- 7.- Aumentar la productividad del personal del centro de trabajo en general (consecuencia indirecta de lo anterior).

III.2. PREVENCIÓN EN DISEÑO

La correcta elección de los materiales de construcción utilizados en equipos, accesorios, tuberías, estructuras, etc., en la fase de diseño de una planta de proceso garantizara el buen funcionamiento de la misma. Sin embargo, el desarrollo tecnológico actual en las diferentes ramas de la ingeniería, así como la optimización en los diseños de las plantas de procesamiento industrial, han llevado a la concepción de plantas con equipos y sistemas de control cada vez mas sofisticados, lo cual trae como consecuencia el tener que analizar los procesos en su etapa de diseño en una forma sistematizada y con una metodología que este acorde a la complejidad de los mismos, los riesgos que se tendrán tanto en la etapa de arranque como en la operación diaria de la unidad.

La seguridad y confiabilidad de las plantas de procesamiento modernas, puede mejorarse al usar procedimientos que reconozcan y eliminen problemas potenciales, desde la etapa de diseño.

En gran medida, las fallas de los materiales que ocurren en las instalaciones industriales, se consideran que se deben por un lado al no anticipar ciertas situaciones por la complejidad de las mismas, mas que por la falta de conocimientos del grupo de diseño, y por otro lado a acciones inadecuadas por parte del personal operativo que al no estudiarlas con anticipación y prever sus consecuencias se induce a que los materiales de equipos, tuberías, tanques, etc., aun cuando estén bien especificados, fallen. Por tal razón, se deben realizar estudios de operabilidad a fin de obtener diseños mas seguros y confiables.

III.2.1. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Todos los diseños, fabricación, pruebas e inspección de recipientes a presión se basan en un código, en la mayoría de los países incluyendo el nuestro, ha llegado a ser como una ley la cual dictamina los requerimientos mínimos para la cualquiera de las fases mencionadas.

El código adaptado a nuestro país es el ASME sección VIII, ya que las técnicas y materiales que se especifican ahí, se usan comúnmente en las industrias nacionales.

Temperatura :

La temperatura usada en el diseño de recipientes a presión deberá ser como mínimo, la temperatura media del metal a través del espesor a las condiciones de operación, en ningún caso la temperatura en la superficie del metal deberá exceder de la temperatura máxima enlistada en las tablas de esfuerzos de materiales. Esta temperatura nos determinara el material a utilizar según ASME sección 2 parte A, (Especificación para materiales ferrosos).

Presión :

Todos los recipientes deben ser diseñados al menos para las mas severas condiciones de presión esperada y presión normal, para esta condición deberá considerarse la diferencia máxima de presión entre el interior y el exterior del recipiente. La practica aconseja tomar como presión de diseño la presión de operación mas 10 a 25 % o bien 2.11 kg./cm^2

III.2.2. CONTROL DE LA CORROSION

Muchos métodos se emplean industrialmente para controlar la corrosión, los métodos mas importantes son : Control de las variables de proceso, protección, análisis de fallas, tratamientos térmicos, utilización de métodos de alto grado de pureza y adiciones de aleación.

Control de las variables de proceso :

La velocidad de corrosión de un material dado generalmente aumenta con la concentración del medio corrosivo, pero la corrosión no siempre aumenta con la concentración y su efecto a menudo depende de los límites de la misma concentración.

La alta velocidad puede aumentar o disminuir la corrosión dependiendo de las propiedades electroquímicas de la aleación. La velocidad alta ayuda a evitar la corrosión por picadura ya que generalmente los piquetes se originan abajo de los depósitos de salida. Las impurezas de un medio corrosivo pueden ser desde el punto de vista corrosión buenas o malas. Los efectos benéficos dependen de los mismos factores que los inhibidores (Substancias que reducen la corrosión estando presentes en pequeñas cantidades en el medio corrosivo). (Ref. 8)

La reducción de la corrosión debida a la presencia de impurezas puede considerarse como el resultado de un inhibidor "Libre" (Frecuentemente ignorado). Si la impureza desaparece de repente el aumento resultante en corrosión puede conducir a deducción incorrecta sobre el origen del daño.

El control de temperatura es uno de los principales métodos para reducir la corrosión. Un aumento de temperatura normalmente sube la velocidad de corrosión. Con frecuencia la temperatura del metal que se corroe es mas alta que la que se suponía.

Otro de los factores más importantes en diseño de recipientes a presión es el adelgazamiento del espesor por corrosión. El código ASME, recomienda que al calcular el espesor del recipiente se les sume un sobre espesor, dependiendo este de la naturaleza del fluido, cantidad del mismo, vida útil

del recipiente, temperatura y presión de operación, etc. En base a experiencias anteriores, en el tipo de recipientes de almacenamiento, utilizaremos 3 mm. de espesor por corrosión. Otros tres métodos para combatir la corrosión en procesos muy corrosivos son el Linning, Clad y el Overlay.

Método Linning :

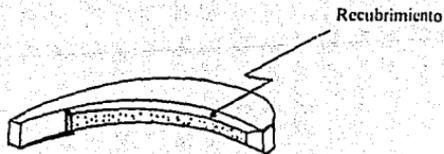
Este se realiza colocando placas de recubrimiento (normalmente materiales de alta aleación y metales no ferrosos) sobre el metal base por medio de tapones de soldadura colocados triangularmente, soldando por medio de los extremos de estas placas.

Este recubrimiento generalmente se hace de uno o más de los materiales que a continuación se indican :

- Acero inoxidable ferrítico
- Acero inoxidable martensítico
- Acero inoxidable austenítico
- Níquel
- Titánio
- Inconel
- etc.

Además se podrán usar dimensiones comerciales en las láminas de revestimiento aunque la limitación del espesor de revestimiento que como mínimo serán de 2mm y un máximo de 6mm.

Cabe mencionar que este método ya está siendo eliminado debido a que no es muy práctica su fabricación y su mantenimiento.



Recubrimiento Tipo Linnings

Método Clad :

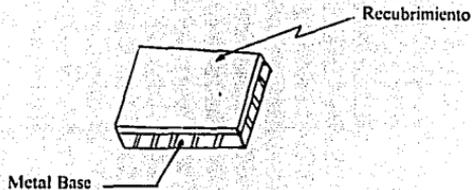
Es el que actualmente se usa para recubrimientos consistiendo en la unión de dos placas mediante métodos que proporcionen una placa integral entre el metal base y el recubrimiento (ASME sección VIII división I parte UCL).

Esto es el clad es una placa compuesta formada por dos metales los cuales los cuales han sido rolados bajo calor y presión hasta que se integran sus caras sobre su superficie. El espesor de la placa de recubrimiento para el "clad" se da como un porcentaje del espesor de la placa base.

Los materiales más utilizados para formar la placa integral "clad" son :

- Acero al Cromo
- Acero al carbono Cromo - Níquel
- Titánio
- Monel
- Inconel
- etc.

Nota : Tanto para los métodos "inring , clad y overlay" existen reglamentaciones y disposiciones en el Código ASME en su Sección VIII, Div. 1.



Recubrimiento Tipo Clad

Método Overlay :

Consta en reducir el interior de un equipo mediante cordones de soldadura colocados en dos capas. El electrodo que se use será el adecuado contra la corrosión que se vaya a tener.

III.2.3. UNIONES SOLDADAS

Las causas de fallas en uniones soldadas no tienen un solo origen ya que en ocasiones se deben a un diseño inadecuado o a una mala selección del electrodo, selección inapropiada de los materiales, procedimientos de soldadura no aprobados, mano de obra no calificada, un control de calidad poco estricto, etc.; son algunas causas que llegan a producir falla en las uniones soldadas.

Hay que tomarse en cuenta algunas condiciones para el diseño de una unión soldada en la reducción de fallas, por lo que se mencionan algunas de estas. (Ref. 9 y 10)

Diseño de uniones soldadas :

El diseño de una unión soldada no solo debe enfocarse al tipo de bisel, si no que comprende también todos aquellos factores de localización y características de la junta misma; por ejemplo :

- Se debe evitar que se diseñe una junta soldada en la esquina de un componente debido a la concentración de esfuerzos.
- Deben evitarse, en lo posible, la unión por soldadura de dos diferentes materiales.
- Deben evitarse, en lo posible, la unión por soldadura en componentes de diferentes espesores, en caso de ser necesario debe desvanecerse convenientemente uno de los extremos.

En el caso del diseño de biselés, estos deben ser los adecuados dependiendo del tipo de componente, material, espesor y proceso de soldadura utilizado.

Los defectos presentes en soldadura no serían tanto problema si se efectuara una inspección no destructiva en base a código con técnicos calificados como son :

El acabado de la unión soldada.

- a) con miras a reducir o eliminar las concentraciones de esfuerzos.
 - b) con el objeto de evitar algún proceso de corrosión por estancamiento.
- Obtención de un patrón aceptable de esfuerzos residuales.
 - Accesibilidad en la construcción.
 - Costo.

III.2.4. TRATAMIENTOS TERMICOS

Los tratamientos térmicos pueden llevarse a cabo en materiales o aleaciones; son una combinación de operaciones de calentamiento y enfriamiento en una forma tal que obtendremos cambios en algunas propiedades de los materiales, ya sea para mejorarlos o para corregir condiciones indeseables inducidas durante el proceso de fabricación.

La modificación se logra mediante cambios en la estructura. Estos cambios son en la estructura interna de los materiales, los que afectan las propiedades mecánicas, pero también suelen sufrir alteraciones otras propiedades como son la conductividad eléctrica, las propiedades magnéticas, la resistencia a la corrosión, etc.

Los tratamientos térmicos no afectan la composición química del material pero existen otros tratamientos que tienen como fin principal modificar la composición química de la superficie del material y son conocidos como tratamientos termoquímicos o superficiales. (Ref. 6 y 10)

Las variables que hay que manejar en los tratamientos térmicos son :

- a) la composición química
- b) la temperatura de calentamiento
- c) tiempo de calentamiento
- d) tamaño de grano

La composición química :

Es la más importante ya que fija en forma general las propiedades del material y la respuesta a los tratamientos térmicos.

Temperatura de calentamiento :

Cada tratamiento tiene una temperatura de calentamiento específica que debe ser tomada en cuenta para alcanzar los fines deseados, generalmente se tendrá que calentar por encima de los puntos críticos.

Si la temperatura fuera insuficiente no se formara la estructura que finalmente se pretende. Si por el contrario la temperatura resulta excesiva, el material sufre efectos nocivos tales como : crecimiento del tamaño de grano, descarburoización, deterioro de la superficie y en caso extremo hasta la completa inutilización del metal.

Cuando se llega a "quemar", efecto que consiste en la absorción de oxígeno alrededor de los límites de grano que facilita la oxidación intergranular volviéndolo frágil e inservible permanentemente.

Tiempo de calentamiento :

Este debe ser cuidadosamente medido, ya que en combinación con la temperatura crean condiciones de las que se parten para la formación de los nuevos componentes estructurales.

Si el tiempo de calentamiento no es suficiente para homogenizar la estructura inicial no se efectuarán las transformaciones totalmente, y si por el contrario, fuera excesivo se inducirán efectos negativos.

Algunos elementos a considerar para el tiempo de calentamiento son : Composición del material, tamaño y forma de la pieza, clase de equipo usado y las condiciones finales que se deseen.

Nota: Los calentamientos rápidos deberán evitarse.

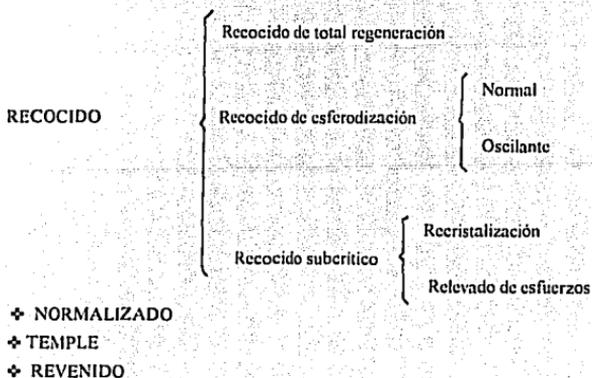
Tamaño de grano :

Es independiente de su efecto sobre las propiedades mecánicas, su efecto consiste en aumentar la habilidad de un material en transformarse en sus componentes estructurales.

III.2.4.1 TRATAMIENTOS COMUNES

Los cambios de estructura de los metales o aleaciones, para que alcancen determinadas características, dependen del tratamiento al que se sometan.

Para el hierro y sus aleaciones, que son los materiales mas comunes en la industria se emplean los siguientes tratamientos térmicos (Ref . 5 y 6) :



Recocido de total regeneración :

Consiste en calentar el metal o aleación hasta la temperatura adecuada para alcanzar la estructura austenítica y luego enfriar lentamente, perfectamente dejando el metal en el interior del horno donde se realiza el calentamiento.

El tiempo de calentamiento está en función del espesor del material y no debe ser inferior a una hora por cada 25mm, del mismo metal en la sección de su parte más gruesa. Por último la velocidad de enfriamiento debe ser de 15°C por hora.

Recocido de esferoidizado :

Los materiales así tratados adquieren su máxima resistencia y máxima ductilidad, lo que resulta de particular importancia para materiales sometidos a trabajos de deformación en frío o para facilitar su maquinado.

Recocido subcrítico :

Es aplicado a piezas deformadas en frío, tienen por objeto disminuir la energía interna del material. El calentamiento de este recocido oscila entre los 500°C y menos de 75°C, según la composición del acero; el enfriamiento como todos los recocidos deben ser lento. Con este tratamiento los granos deformados recobran su forma, así como sus propiedades originales de dureza y ductilidad.

Relevado de esfuerzos:

Es un calentamiento del acero, por debajo de los puntos de transformación tal que permita un acomodamiento atómico de la estructura, reduciendo así los esfuerzos residuales debido a un fuerte maquinado u otros procesos de trabajo en frío.

Ultimamente se ha encontrado que el relevado de esfuerzos aumenta en gran forma la resistencia a la corrosión bajo la tensión en los aceros inoxidables. Este relevado de esfuerzos deberá efectuarse por debajo de la temperatura de 427° C.

El enfriamiento consecutivo ha de ser tan rápido que se realizara en un tiempo más breve.

Normalizado :

Es un proceso normal al recocido, la ventaja sobre éste es que más rápida y el inconveniente que presenta es que no puede obtener durezas tan bajas como el recocido, aun así es preferido el normalizado. Este es un proceso en el cual el metal es calentado de 28 a 56°C. al término del periodo de calentamiento las piezas son sacadas del horno y enfriadas al aire en calma hasta alcanzar la temperatura ambiente.

El propósito de este tratamiento es destruir los efectos de cualquier tratamiento previo o del trabajo en frío; así como impartir al material propiedades para la operación de maquinado.

Temple :

Es el tratamiento que consiste en calentar el material hasta la temperatura en que se alcanza la estructura austenítica seguido de un enfriamiento rápido, usando agentes externos como aceite o agua. El temple se aplica con el propósito de endurecer los aceros; la temperatura con la cual se alcanza este proceso es calentado el acero de 20 a 53°C , después de lo cual se enfría a una velocidad a una velocidad más o menos grande, dependiendo del tipo de material.

El acero en esas condiciones es de poca utilidad puesto que además de ser muy duro es muy frágil, lo cual es poco adecuado para producción.

Revenido :

Es un tratamiento que se da siempre a los aceros después de templearlos para quitarles la fragilidad y las tensiones internas fácilmente mediante la elevación de la temperatura.

A mayor temperatura habrá un descenso de dureza con el consiguiente aumento de tenacidad; la estructura obtenida en el revenido es muy variable según haya sido el grado de calentamiento aplicado. El enfriamiento se puede llevar a cabo a cualquier velocidad, salvo en el caso de ser muy rápida, en cuyo caso pueden originarse tensiones internas capaces de producir deformaciones.

Nota: El código ASME proporciona las temperaturas y describe los principales procedimientos para los tratamientos térmicos.

III.3. SELECCION DE MATERIALES

Aunque son muchos los factores que contribuyen en la selección del material para la construcción de recipientes a presión, los dos requerimientos básicos que trascienden en la selección son el económico y el de seguridad. El criterio para la selección de los materiales, esta en función de las condiciones de operación que priven en ella, estas condiciones son aquellas que están determinadas por ambientes corrosivos, por altas presiones y temperaturas; estos factores son esenciales en cuanto a los aspectos del diseño y vida útil del equipo.

La basta mayoría de recipientes son construidos de aleaciones ferrosas. Las aleaciones ferrosas están definidas por aquellas que contiene mas o al menos 50% de acero. Ellas son utilizadas de acuerdo con el código ASME sección VIII división 1 y 2 , incluyendo aceros al carbón, aceros de baja aleación, aceros inoxidables, hierro fundido, hierro forjado y aceros templados. Dentro de las aleaciones no ferrosas se incluye el aluminio, cobre, níquel, titanio y circonio.

La ASTM, designa a todas las aleaciones ferrosas con la letra A y todas las aleaciones no ferrosas con la letra B. El código ASME, utiliza los prefijos SA y SB, respectivamente. Sin embargo, no existen reglas específicas para lograr una selección adecuada para un determinado proceso, por lo cual se llevara la selección del material mas económico que satisfaga los requerimientos de diseño, especificación y código.

III.3.1. LISTA DE REQUISITOS

A continuación enunciamos algunas de las etapas convenientes para seleccionar los materiales de fabricación para recipientes a presión. En estas etapas se hace la lista de requisitos que deben llenar los materiales para satisfacer las condiciones de servicio y, de las cuales se tienen las siguientes:

Propiedades Mecánicas:

En las propiedades mecánicas del material, es deseable que este tenga buena resistencia a la tensión y alto punto de cedencia, por ciento de alargamiento y mínima reducción de área, con estas propiedades principalmente se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

Propiedades Físicas:

En este tipo de propiedades, se buscara que el material descado tenga bajo coeficiente de dilatación térmica y, alto coeficiente de transferencia de calor, principalmente si el material a seleccionar lo utilizamos en cambiadores de calor, lo cual ayuda en alta eficiencia térmica y bajos esfuerzos en las uniones tubo - espejo.

Propiedades Químicas:

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de gran importancia, ya que un material mal seleccionado nos causara demasiados problemas.

Soldabilidad:

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión, deben tener buenas propiedades de Soldabilidad, dado que la mayoría de sus componentes son de construcción soldable.

Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre si, estos deberán ser compatibles en lo que a Soldabilidad se refiere. Un material, cuanto mas elementos de aleación contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación. (Ref. 3 y 4)

MATERIALES RECOMENDABLES DE ACUERDO A LA TEMPERATURA

TEMPERATURAS	MATERIAL
> 516 °C	Acero inoxidable (18% Cr, 8% Ni)
De 516 a 413 °C	Cromo - Molibdeno
De 18 a 413 °C	Acero al Carbono
De -40 a 15 °C	Acero al Carbono
De -45 a 65 °C	Acero al Niquel (2.5% Niquel)
De -65 a -100 °C	Acero al Niquel (3.55 Niquel)
De -100 a -195 °C	Acero al Niquel (9% Niquel)
De -195 a -252 °C	Acero inoxidable (18% Cr, 8% Ni)

(Nota : Para mayor información referirse a la bibliografía 4)

SUSTANCIA/MATERIAL	ACERO AL CARBON	INOXEL	INCOINEL	INOINEL	ACERO INOXIDABLE TIPO 304	ACERO INOXIDABLE TIPO 316
ACETONA	A	A	A	A	A	A
ACETILENO	A	A	.	A	A	A
CERVEZA	P	A	A	A	A	A
BENZENO/BENZAL	A	A	A	A	A	A
BENZINA/NAFTA	A	A	A	A	A	A
ACIDO BORICO	X	.	.	P	A	A
CLORUROS EN GENERAL	X	R	R	R	X	X
BUTANO	A	.	.	A	A	A
ACIDO CITRICO	X	R	A	A	A	A
MERCURIO	A	A	.	A	A	A
GAS NATURAL	A	A	A	A	A	A
ACEITES PETROLEO 260°C RUO0	A	P	A	P	P	R
ACIDO FOSFORICO	P	P	E	P	P	R
AZUFRE	A	A	A	A	P	P
ACIDO SULFURICO	X	P	P	R	P	A
ACIDO SULFUROSO	X	P	P	P	P	A
WHISKY Y VINOS	X	A	A	P	A	A
SUSTANCIAS CON HIDROGENO	A	A	A	A	A	A

SUSTANCIAS A MANEJAR

* EL ACERO AL CARBON SERA CALMADO (NO DEBERAN DESARROLLARSE GASES DURANTE LA SOLIDIFICACION).

P= PRECAUCION (DEPENDE DE LAS CONDICIONES)

A= BUENO.

R= RECOMENDABLE

X= NO RECOMENDABLE

III.4. CONTROL ESTRICTO DE CALIDAD EN LA MATERIA PRIMA

Las necesidades en la industria requieren de una variedad inmensa de equipos y materiales, muchos de los cuales son de fabricación nacional. Por los requisitos y condiciones de operación de algunas industrias, los equipos deben llenar los niveles de calidad establecidos en especificaciones, normas, etc; a fin de garantizar una operación y rendimiento satisfactorios, así como una vida de trabajo dentro del período de tiempo preestablecido.

La calidad de los productos no solo dependen de las actividades desarrolladas en el proceso de fabricación, si no también, y a veces fundamentalmente, de la calidad de las materias primas utilizadas en su elaboración. De lo anterior se deduce la importancia de controlar y verificar que tales materiales satisfagan plenamente las características y propiedades específicas.

En la mayoría de las plantas o talleres del ramo se da por aceptación un material cuando este trae las marcas de identificación y/o se reciben los "Certificados de Materiales". Esta práctica es perfectamente válida en cuanto a la delimitación de responsabilidades por la calidad del material, pero no lo garantiza plenamente lo hecho por quien de la aceptación. Por otra parte, un certificado tiene el valor que le da la solución moral y capacidad técnica de quien lo expide.

El fabricante del equipo de proceso es responsable, en primera instancia, de la calidad del producto incluidos los materiales. Por un lado debe cuidar sus propios procedimientos y, por otra parte, vigilar que las materias primas llenen totalmente los requerimientos de las normas especificadas por la ASTM. Por lo que todo departamento de control de calidad deberá ser dotado de los equipos necesarios para controlar, en todos los aspectos, la calidad de los materiales desde el ingreso a la planta y toda su transformación.

De los equipos requeridos destacan aquellos como son los de : Inspección, radiografía, partículas magnéticas, ultrasonido, líquidos penetrantes, etc.

Al disponer estos elementos, se implementa un procedimiento para reglamentar las actividades conducentes a evaluar la confiabilidad en proveedores, estructurado de la siguiente forma :

Descripción del procedimiento :

Verificación periódica de materias primas recibidas, conforme a los procedimientos de prueba de la especificaciones de materiales.

Política :

- a) Establecer un índice de confiabilidad en cada uno de los diferentes proveedores.
- b) Exigir a dichos proveedores el cumplimiento de las especificaciones, cuando se comprueban diferencias, evaluando la reclamación con los resultados de las pruebas.
- c) Cuando exista imposibilidad en el cumplimiento de especificaciones de parte de proveedores; tomar medidas ante esta situación y desarrollarlas, tales como :
 - Importar los materiales y modificar condiciones de diseño.
 - Establecer las diferencias en las negociaciones de ventas de los clientes, etc.

Objetivo :

Se tiene el propósito de controlar, principalmente, a los proveedores nacionales de quienes se recibe continuamente la mayor parte de la materia prima, siendo los que muestran mayores deficiencias en este sentido.

Procedimiento :

Control estadístico de material recibido. Este control será llevado por el departamento de calidad y contendrá la siguiente información : Pedido, fecha de recepción, descripción del material, cantidad, si se requiere o no certificado, fecha de recepción de certificados, si se efectúan o no las pruebas.

El control estadístico permitirá saber la cantidad de materiales recibidos y rechazados para así saber en que pedido se deben efectuar las pruebas conforme a la periodicidad establecida.

El control estadístico, complementado con el resultado de las pruebas que periódicamente se efectúan y las visitas a plantas proveedoras, permitirán tener un historial completo, en que se cuantifique con exactitud las condiciones en que se reciben los materiales para así evaluar a los proveedores.

(Ref. 3)

III.4.1. IDENTIFICACION DE LOS MATERIALES

Es muy importante efectuar un cuidadoso marcaje identificación de todos los materiales que intervienen en la construcción. La identificación de cada chapa, tubo o material tubular, empezara por realizarse en la laminación.

Si no se realiza la debida identificación directamente sobre el material, puede producirse una confusión en el almacén, en el taller o lugar de montaje. En tales circunstancias, exigir responsabilidades puede resultar muy difícil.

Las roturas, como resultado de una identificación incorrecta en la utilización de los materiales, puede producirse en el proceso de montaje, cuando se unen materiales incompatibles o durante el servicio, cuando el material incorrecto no cumple con los valores requeridos de resistencia a los esfuerzos, a la corrosión u otras propiedades esenciales.

En la tabla siguiente se muestra los materiales sujetos a pruebas y su periodicidad que tentativamente se establece para efectuarlos. La lista de materiales no es tentativa y podrá ampliarse según sea conveniente.

Departamento de Control de Calidad

MATERIAL PERIODICIDAD DE PRUEBA POR CADA PROVEEDOR

PLACA

A - 36	Cada 15 Placas
A - 285 (Cualquier grado)	Cada 15 Placas
A - 515 (Cualquier grado)	Cada 15 Placas
A - 240 T - 304	Cada 5 Placas
A - 240 T - 316	Cada 5 Placas
B - 171 (Cualquier aleación)	Cada 5 Placas

Otras

Según se juzgue por control de calidad.

T U B O (Calibre y Cédula)

A - 179	Cada 1000 Piezas
A - 53 (Todos los grados)	Cada 1 Pieza
A - 106 (Todos los grados)	Cada 1 Pieza
A - 249 (Cualquier aleación)	Cada 1000 Piezas o lote menor
A - 269 (Cualquier aleación)	Cada 1000 Piezas o lote menor
A - 312 (Cualquier aleación)	Cada 1000 Piezas o lote menor
A - 111 (Cualquier aleación)	Cada 1000 Piezas o lote menor

Tubos : Existen en el mercado tubos de cédula y tubos de calibre, ambos fabricados para diámetros normalizados, y utilizados dentro del diseño de recipientes a presión.

En los tubos de cédula para diámetros mayores de 14", el diámetro exterior es común al diámetro nominal. Son fabricados con costura y sin ella, de los cuales se prefieren los segundos en el diseño de cuellos de boquillas y espaciadores, entre otros.

Los tubos de calibre también llamados tubos de transmisión se fabrican en diámetros nominales desde 1/4" hasta 2 1/2", que corresponde al diámetro interior y cada uno de ellos se fabricaran con diferentes espesores normalizados, a los cuales se les conoce como calibre de tubo.

ESTA TESIS HA SIDO
SALIDA DE LA BIBLIOTECA

La siguiente tabla muestra la periodicidad de las visitas a plantas de proveedores de los diferentes materiales. La lista de proveedores no es limitativa y podrá ampliarse según se conveniente.

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

FABRICANTES DE :	PERIODICIDAD
Placa de Acero	Cada 6 Meses
Placa no Ferrosa	Cada 6 Meses
Tubería	Cada 3 Meses
Forja de Acero	Cada 3 Meses
Soldaduras	Cada 3 Meses
Tornillería	Cada 3 Meses
Diversos	Cada 6 Meses

DISTRIBUIDORES

De materiales hechos en el país	Cada 6 Meses
De materiales importados	Cada 6 Meses

III.5 APLICACION DE CODIGOS DURANTE LA CONSTRUCCION GENERALIDADES.

Todos los diseños de fabricación, pruebas e inspección de recipientes a presión se basan en un código. en la mayoría de los países, incluyendo el nuestro, ha llegado a ser como una ley la cual dictamina los requerimientos mínimos para cualquiera de las fases mencionadas.

Basándose en lo anterior, los países mas altamente industrializados cuentan con códigos propios, dentro de los cuales se pueden citar los siguientes :

- El Código A.S.M.E. , (American Society of Mechanical Engineers), es el que rige actualmente en los Estados Unidos de América.
- El Código B.S.5500 o B.S. 1515 (British Standar) , que es el Código Británico.
- El Código JIS (Japanese Industrial Standar) , que es usado en Japón.
- El Código Alemán que rige físicamente en Alemania y países bajos.
- Algunos otros como el Italiano y el Australiano, etc.

Cabe mencionar que cada uno de los códigos mencionados, tiene diferentes factores de seguridad, por ejemplo el ASME usa un factor de seguridad 4 y el B.S. 1515 de 2.35, esto es sobre la resistencia ultima a la tensión especificada a la temperatura ambiente o de diseño.

Para poder seleccionar un adecuado factor de seguridad se considera que depende de lo siguiente :

- a) La exactitud con que se pueden determinar las cargas o fuerzas y otros agentes capaces de provocar la falla.
- b) La exactitud con que la resistencia a la fractura y otros parametros, pueden ser determinados en las condiciones de operación.
- c) La necesidad de ahorrar espacio, tiempo, peso y recursos.
- d) La seriedad de las consecuencias de la falla, en terminos de vidas humanas, propiedades o daños a componentes cercanos.
- e) La calidad y precisión que se pueden alcanzar con los medios de fabricación disponibles.
- f) La calidad del mantenimiento que se tendra durante la operación del equipo.

A continuación se mostrara el contenido del código ASME, y un croquis de algunos códigos indicando los diferentes párrafos que se usan para los diferentes casos.

CODIGO ASME

Sección I

Calderas de Potencia

Sección II

Especificaciones de Materiales

Parte A : Materiales Ferrosos

Parte B : Materiales no Ferrosos

Parte C : Electrodo y Materiales de aporte de Soldaduras

Sección III

Componentes de Plantas Nucleares

Sección IV

Calderas de Calor

Sección V

Ensayos no Destructivos

Sección VI

Reglas recomendadas para el cuidado y Operación de Calderas de Calor

Sección VII

Reglas recomendadas para el cuidado de Calderas de Potencia

Código ASME Sección VIII División 1

La sección VIII del código ASME , contiene dos divisiones, la División 1. que cubre el diseño de recipientes a presión no sujetos a fuego directo, y la División 2 , que contiene otras alternativas para calculo de recipientes a presión.

Las reglas de la División I , de esta sección del código, cubre los requisitos mínimos de construcción para el diseño, fabricación, inspección y certificación de recipientes a presión.

La División I, de la sección VIII, esta dividida en tres subsecciones las cuales son :

Subseccion A : Requisitos Generales

Parte UG : Requisitos generales para todos los métodos de construcción y todos los materiales.

Subseccion B : Requisitos pertenecientes a los métodos de fabricación

Parte UW : Requisitos de recipientes a presión fabricados por soldadura.

Parte UF : Requisitos de recipientes a presión fabricados por forja.

Parte UB : Requisitos de los recipientes a presión fabricados por soldadura fuerte.

Subseccion C : Requisitos pertenecientes a las clases de materiales.

Parte UCS : Requisitos para construcción de aceros al carbono.

Parte UNF : Requisitos para recipientes a presión construidos de materiales no ferrosos.

Parte UHA : Requisitos para recipientes a presión construidos de acero de alta aleación.

Parte UCI : Requisitos para recipientes a presión construidos de hierro fundido.

Parte UCL : Requisitos para recipientes a presión soldados, construidos de materiales con revestimiento integral, resistentes a la corrosión, metal soldado con material de aporte.

Parte UCD : Requisitos para recipientes a presión construidos de hierro dúctil fundido.

Parte UHT : Requisitos para recipientes a presión contruidos de aceros criogenicos con propiedades a tracción mejoradas por tratamiento térmico.

Parte ULW : Requisitos para recipientes a presión fabricados por estratificación.

Parte ULT : Reglas alternativas para recipientes a presión contruidos de materiales de gran resistencia a baja temperatura.

Como se dijo anteriormente, el considerable avance tecnológico que se a tenido en los últimos años a traído como consecuencia la implementación de nuevos Códigos y Normas; el ASME consciente de ello, crea dentro de la sección VIII de su Código, un nuevo tomo denominado División 2. "Reglas Alternativas para la Construcción de Recipientes a Presión".

La División 2 es una modificación de la División 1. Nuevos requisitos han sido añadidos y otros hechos más rigurosos para lograr un diseño balanceado. Los resultados están en recipientes con grado de seguridad que iguala o sobrepasa a los recipientes contruidos de acuerdo a la División 1 en algunos aspectos, la División 2, es similar a la sección III Código para recipientes nucleares, aunque no fue la intención del comite basarse en la sección III. Después de varios años de experiencia, un intento probablemente será hecho para consolidar las Divisiones 1 y 2.

DIVISION 2

Recipientes a Presión, Reglas Alternativas

Parte AG : Requisitos generales.

Parte AM : Requisitos de materiales.

Parte AD : Requisitos de diseño.

Parte AF : Requisitos de fabricación.

Parte AR : Dispositivos de alivio de presión.

Parte AI : Inspección y Radiografía.

Parte AT : Ensayos.

Parte AS : Marcado, Troquelado, Informes y Registros.

Sección IX

Clasificación de Soldadura y Soldadura Fuerte

Parte QW : Soldadura.

Artículo I . Requisitos generales de soldadura.

Artículo II. Cualificaciones de los procedimientos de soldadura.

Artículo III. Cualificación de ejecución de soldadura.

Artículo IV. Datos de soldadura.

Artículo XI. Requisitos generales de soldadura.

Artículo XII. Calificación de los procedimientos de soldadura.

Artículo XIII. Cualificaciones de ejecución de soldadura fuerte.

Artículo XIV. Datos de soldadura fuerte.

Sección X

Recipientes de plástico reforzado de fibra de vidrio.

Sección XI

Reglas para inspección en servicio de componentes para centrales nucleares.

División 1

Reglas para inspección y pruebas de componentes de plantas refrigeradoras por agua ligera.

División 2

Reglas para inspección y pruebas de componentes de plantas refrigeradoras por gas.

División 3

Reglas para la inspección y pruebas de componentes de plantas refrigeradoras por metal líquido.

Nota : Cabe mencionar que existen mas códigos auxiliares para la construcción con aleaciones especiales, y otros tipos de materiales que no se mencionan aquí, pero que se pueden consultar en los códigos y normas para construcción de recipientes ASME.

III.6. ASPECTOS A CUIDAR DURANTE EL PROCESO DE FABRICACION, MONTAJE Y SERVICIO DE UN RECIPIENTE A PRESION.

En los cuadros siguientes se presentan los principales aspectos a cuidar en los procesos de Fabricación, Montaje Servicio para la prevención de fallas en los recipientes a presión. (Ref. 2 y 7)

EN LA FABRICACION

FUNDICION	{ Inclusiones Sopladuras Puntos de arena Rechupes Pliegues en frío Etc.
TRATAMIENTO MECANICO	Laminación { Laminaciones Pliegues
	Forja { Costras Hendiduras
	Estirado
	Embutido
TRATAMIENTO TERMICO	Recocido
	Normalizado { Tratamiento incompleto Variación de la dureza
	Temple
	Revenido

EN EL MONTAJE

SOLDADURA {
Selección adecuada de matrices, base y de aporte
Selección del proceso y procedimiento adecuado
Habilidad de los soldadores y operadores
Tratamiento térmico en la soldadura

ARMADO DE EQUIPOS {
Desalineamiento
Deformación { Zonas planas
Zonas contraídas
Zonas abombadas
Mala apariencia
Etc.

❖ COLOCACION DE EQUIPOS Y/O ACCESORIOS

EN EL SERVICIO

CONDICIONES EXCESIVAS DE OPERACION

- Tensiones excesivas
- Sobrepresiones
- Esfuerzos externos
- Sobrecaentamientos
- Ambientes muy corrosivos
- Etc.

III.7. APLICACION DE PRUEBAS NO - DESTRUCTIVAS

Una prueba no destructiva es el examen de un objeto efectuado en cualquier forma que no impida su utilización futura. Las pruebas no destructivas se utilizan para hacer productos mas confiables, seguros y económicos, los fabricantes recurren a estas pruebas para mejorar y controlar los procesos de fabricación.

Durante la vida útil de los tanques y accesorios, es necesario hacer pruebas no destructivas para prevenir las fallas en operación. Para ello se recurrirá a un código o norma para decidir la aceptabilidad de los defectos y para controlar la calidad de las soldaduras realizadas.

Los métodos de prueba o inspección no destructivas mas comunes que incluye el Código ASME Sección VIII, División I son : Inspección visual, Inspección por partículas magnéticas, Inspección ultrasónica, Líquidos penetrantes, Inspección radiográfica, Prueba Hidrostática y Neumática.

III.7.1. INSPECCION VISUAL

la inspección visual del objeto nunca debe omitirse, se emplea desde el control de superficies hasta la detección de grietas y hendiduras. El inspector debe controlar la forma externa de la soldadura midiendo los esfuerzos y profundidad de socavados, dimensiones de la soldadura de esquina, antes de efectuarse la soldadura debe verificarse visualmente la ausencia de laminaciones e inclusiones o adherencias en las caras de las ranuras que pueden provocar defectos en la soldadura y la ausencia de hendiduras o grietas en la superficie de la placa. Esta inspección con ayuda o sin ayuda óptica, puede evitar numerosos problemas.

Ventajas y Limitaciones :

Este método es poco costoso, detecta defectos importantes superficiales y es ampliamente utilizado, sin embargo, no detecta defectos finos o internos.

III.7.2. INSPECCION POR PARTICULAS MAGNETICAS

Es un procedimiento utilizado para determinar la presencia de fisuras, recubrimientos, rasgones, inclusiones y discontinuidades semejantes en materiales ferromagnéticos. El método detectará discontinuidades de la superficie o ligeramente por debajo de ella.

Se basa en el principio de que si un objeto es magnetizado, los defectos del material son localizados advirtiendo las irregularidades del flujo magnético mediante las partículas magnéticas (polvo colorado o líquido fluorescente), sobre la superficie.

Se utiliza para detectar grietas y hendiduras en las placas y soldaduras, los biselos son inspeccionados rápidamente por este método.

Los defectos solo pueden localizarse cuando están relativamente cercanos a la superficie, si esta muy lejos o por debajo de la superficie no habrá ninguna fuga del campo magnético y en consecuencia no se obtendrá ninguna identificación.

La magnetización de la pieza se puede llevar a cabo por un flujo magnético originado, por el paso de corriente directa, corriente alterna o corriente alterna rectificada a través de un material. La corriente directa es más sensible que la alterna y cuando la corriente alterna está rectificadas, proporciona un campo magnético más penetrante.

El método residual, consiste en magnetizar la pieza y luego cubrirla con finas partículas magnéticas (polvo de hierro).

El método continuo, consiste en la magnetización y aplicación de las partículas simultáneamente.

El método húmedo, aquí las partículas magnéticas se mantienen en suspensión de un líquido que se vierte sobre la pieza o la pieza puede sumergirse a la suspensión.

Ventajas y Limitaciones :

Este método mejora la inspección visual, detecta los defectos superficiales aun cuando sean muy finos. La superficie por inspeccionar debe estar libre de grasas u otros materiales que puedan detener las partículas e impedir su desplazamiento.

Este método no es aplicable a materiales no magnéticos y se ve afectado por muchos factores como la concentración de la suspensión indicadora, el tiempo de contacto de la suspensión con la pieza, el tiempo permitido para que se formen las indicaciones, el tiempo que se mantiene y actúa la corriente de magnetización.

III.7.3. INSPECCION ULTRASONICA

Este método se basa en el movimiento libre de un haz de ondas sonoras para alta frecuencia para localizar diminutos defectos internos en objetos, metálicos. Consiste en utilizar ondas de sonido fuera de intervalo auditivo, con una frecuencia de 1 a 5 millones de Hz (ciclos por segundo), estas ondas son producidas electrónicamente.

Las ondas ultrasónicas para pruebas no destructivas las producen materiales piezoeléctricos, los cuales no sufren un cambio en su dimensión física cuando se someten a un campo eléctrico. La conversión de energía eléctrica a energía mecánica se conoce como efecto piezoeléctrico.

Este tipo de prueba para la inspección de soldadura es regulado por el apéndice U del código ASME y se utiliza en la localización y medición de defectos, así como para calibración de espesores.

El código ASME, en su apéndice no mandatorio U para inspección de soldadura, da los patrones de calibración y corrección a efectuar durante la prueba, así como los niveles de rechazo de pulso del defecto. Los defectos interpretados como falta de fusión, de penetración y de grietas, no se aceptan en ningún caso.

Ventajas y Limitaciones :

Este método es rápido, confiable, de fácil operación, se conoce de inmediato el resultado de las pruebas, es de gran precisión y alta sensibilidad. También se pueden inspeccionar las soldaduras de esquina, por lo que la utilización de este método permite aumentar la eficiencia de la unión de estas soldaduras que es muy baja.

Para este método se requiere un excelente contacto del transductor con la pieza a probar, la interpretación requiere de un inspector de gran experiencia y conocimiento de la técnica.

III.7.4. INSPECCION POR LIQUIDOS PENETRANTES

Este método se emplea para poner de manifiesto las discontinuidades abiertas a la superficie aplicando un líquido que tiene la propiedad de penetrar fácilmente en grietas a un cuando sean muy estrechas. La pieza a probar se trata primero con un trazador o colorante (substancia que penetra en las fisuras), generalmente son líquidos ligeros de apariencia aceitosa.

El colorante es absorbido y los residuos restantes se limpian o se lava la pieza con un chorro de agua y después se seca con aire caliente, posteriormente se aplica un líquido revelador que va a absorber el colorante que penetra dentro del defecto y es detectado por las manchas que aparecen al ser absorbido por el revelador.

El líquido penetrante puede ser fluorescente y para observarlo se aplica una luz negra que va ser que el penetrante se vea fluorescente en lo oscuro. Se emplea este método en lugar del de partículas magnéticas en caso de metales no ferromagnéticos y no ferrosos.

Ventajas y Limitaciones :

Es un método fácil de aplicar si se toma la precaución de que el líquido penetre eficazmente, la superficie del material debe limpiarse de toda materia que pueda obstruir la entrada del líquido al defecto.

Detecta solamente defectos abiertos a la superficie bajo inspección, tiene el inconveniente de su falta de sensibilidad y utilizando la luz negra requiere de aparatos muy costosos y la ejecución es mas larga y delicada.

III.7.5. INSPECCION RADIOGRAFICA

La radiografía de metales se puede realizar mediante rayos x o rayos gama. La radiación atraviesa los metales y parte de ella se absorbe, la cantidad absorbida depende del material y espesor atravesado.

Los rayos x se producen cuando la pieza es bombardeada por un haz de electrones que se mueven rápidamente; parte de su energía cinética se convierte en energía de radiación o rayos x. Las inclusiones de materiales diferentes o la falta de material (cavidades), se detectan debido a las diferencias de absorción. El método mas utilizado para medir esas diferencias es registrándolas en una película fotográfica. Las uniones a tope de los recipientes a presión que contengan gases o líquidos letales, deben ser radiografiados al 100%.

Ventajas y Limitaciones :

Su aplicación es sencilla aunque la interpretación requiere de personal adiestrado. Se puede guardar un registro permanente (radiografía), que requiere de precauciones para evitar la exposición del personal a las radiaciones y tienen limitaciones en cuanto al espesor por inspeccionar: espesores de mas de 51 mm, se necesita utilizar aparatos pesados y poco manuales lo cual en general dificulta realizar la inspección radiografica en campo.

Ventajas y limitaciones de los rayos gama sobre los rayos x :

La ventaja que tiene sobre los rayos x es que pueden inspeccionar piezas de mayores espesores y tienen la facilidad de que el equipo puede llevarse al campo.

El inconveniente es que para espesores pequeños la sensibilidad no es muy buena, así como el tiempo de exposición que es muy prolongado (15 horas), pero dado que no requiere ningún cuidado especial, la exposición puede hacerse durante toda la noche.

III.7.6. PRUEBA HIDROSTATICA Y NEUMATICA

Todos los recipientes terminados deberán someterse y pasar satisfactoriamente la prueba hidrostática o neumática según se especifique, en el código ASME, Sección VIII, División I.

Prueba Hidrostática.

Todos los recipientes diseñados por presión interna deberán sujetarse a una prueba hidrostática, la cual se aplicara en cualquier punto del recipiente.

La prueba se realiza sometiendo a presión los recipientes hasta alcanzar 1.5 veces la presión máxima permisible de trabajo (MAWP), con el fin de comprobar la resistencia del recipiente y sus accesorios, así como detectar la presencia de posibles fugas.

La M.A.W.P. , para un recipiente deberá definirse como :

La máxima presión permisible en el elemento mas débil del recipiente en condiciones corroidas, bajo el efecto de una temperatura de diseño en condiciones normales de operación y bajo los efectos de otras cargas (cargas de viento, cargas de sismo, presión exterior, etc.). Las cuales se agregan a la presión interna.

En todos los casos el valor de la MAWP, para el calculo de la presión de prueba hidrostática será cuando el recipiente este nuevo y frío.

Prueba Neumática.

Esta prueba puede ser utilizada en lugar de la prueba hidrostática y se recomienda usarla en los siguientes casos :

Para recipientes que estén soportados de tal manera que no se tenga la seguridad de que puedan ser llenados con agua.

Para recipientes que no puedan secarse fácilmente y que vayan a usarse en servicios en donde las huellas de la prueba con agua no puedan permitirse.

La presión de la prueba neumática será al menos igual a 1.25 veces la M.A.W.P.

Consideración : Se tiene la opinión de que la prueba hidrostática o neumática reemplazan todas las demás pruebas no destructivas, tanto del material como de la soldadura, por lo que es conveniente establecer la siguiente consideración :

Un recipiente puede pasar la prueba pero puede fallar en servicio a causa del desarrollo de grietas, que es lento y depende de muchos factores. No controlar estos factores conduce a una posición antieconómica e irresponsable.

El código ASME, establece las normas para efectuar la prueba hidrostática y neumática.

En la siguiente tabla que se muestra a continuación se da un resumen de cuando y donde utilizar este tipo de pruebas no destructivas así como sus ventajas y limitaciones.

ANEXO 1

MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA DE PEDAGOGIA DE LA ENEP-ARAGON.

SE C T O R	S E M E S T R E	LÍNEA DE FORMACION HISTORICO REFLEXIVO	LÍNEA DE FORMACION TEORICA EPISTEMOLOGICA.	LÍNEA DE FORMACION CRITICO COGNOSCITIVA.	LÍNEA DE FORMACION CRITICO SOCIAL.	LÍNEA DE FORMACION TEORICO INSTRUMENTAL.	TOTAL CREDITOS.	TOTAL HORAS.
IDR SUI CIO AT UO	1	CULTURA E IDENTIDAD EN EL MEXICO CONTEMPORANEO.	INVESTIGACION EDUCATIVA EN MEXICO.	EDUCACION Y FORMACION DEL MEXICANO.	POLITICA Y SOCIEDAD EN EL MEXICO CONTEMPORANEO.	PROBLEMAS EDUCATIVOS EN EL MEXICO ACTUAL.	40	20

F O R M A T I V O	2	SABER PEDAGOGICO, CONFORMACION HISTORICO-SOCIAL.	CONOCIMIENTO, CIENCIA Y EDUCACION.	EDUCACION, DESARROLLO Y APRENDIZAJE.	SOCIEDAD Y CULTURA.	TEORIA PEDAGOGICA Y LA PROBLEMATICA EDUCATIVA.	40	20
	3	PENSAMIENTO EDUCATIVO POSITIVISTA.	INVESTIGACION EDUCATIVA CUANTITATIVA.	EDUCACION Y RELACIONES CONDUCTUALES.	SOCIEDAD, FUNCIONALISMO Y EDUCACION.	SISTEMATIZACION EDUCATIVA.	40	20
	4	PENSAMIENTO EDUCATIVO MARXISTA.	INVESTIGACION EDUCATIVA HISTORICO-REFLEXIVA.	EDUCACION Y PROCESOS COGNITIVOS.	ECONOMIA, SOCIEDAD Y EDUCACION.	DIDACTICA CRITICA.	40	20
	5	PENSAMIENTO EDUCATIVO FENOMENOLOGICO.	INVESTIGACION EDUCATIVA ETNOGRAFICA.	EDUCACION, SUJETO Y PERSONALIDAD.	SOCIEDAD FENOMENOLOGICA Y EDUCACION.	PEDAGOGIA Y RELACIONES EDUCATIVAS.	40	20
	6	PROSPECTIVA DEL PENSAMIENTO EDUCATIVO ACTUAL.	ANALISIS EPISTEMOLOGICO DE LA INVESTIGACION PEDAGOGICA ACTUAL.	ORIENTACION EDUCATIVA.	PLANEACION EDUCATIVA.	CURRICULUM Y EDUCACION.	40	20

A D O C O N T I N I D O	7	PEDAGOGIA LABORAL.	FORMACION Y PRACTICA DOCENTE.	COMUNICACION Y PROCESOS EDUCATIVOS ALTERNOS.	PROBLEMAS EDUCATIVOS DEL INDIVIDUO.	INVESTIGACION PEDAGOGICA.	40	20
	8	PEDAGOGIA LABORAL.	FORMACION Y PRACTICA DOCENTE.	COMUNICACION Y PROCESOS EDUCATIVOS ALTERNOS.	PROBLEMAS EDUCATIVOS DEL INDIVIDUO.	INVESTIGACION PEDAGOGICA.	40	20

III.8. PRUEBAS DESTRUCTIVAS

Las pruebas mecánicas más usadas son las estáticas, de fatiga, de impacto y de dureza.

Todas las pruebas se realizan sobre muestras de formas y dimensiones determinadas que se han reconocido como patrones, pues ligeros cambios en ellas afectan grandemente los resultados. Según el material y la prueba a realizar se escoge la probeta; las normas y códigos dan suficientes indicaciones al respecto. (Ref. 3 y5)

III.8.1. PRUEBAS ESTÁTICAS

Se emplean para conocer el comportamiento de los metales sometidos a tensiones múltiples que actúan en una sola dirección o a tensiones en varias direcciones. Los tipos principales de pruebas estáticas son : compresión y flexión.

III.8.2. PRUEBAS DE TRACCIÓN

Este tipo de ensayos estudia el comportamiento de un material sometido a un esfuerzo de tracción progresivamente creciente, ejercido por una máquina apropiada hasta conseguir la ruptura.

Es la prueba más común y de mayor aplicación por los resultados que se obtienen de ella sobre la resistencia mecánica de los materiales. Dentro de la zona elástica los materiales se rigen por la ley de Hooke, su expresión matemática es la siguiente :

$$\epsilon = \frac{\nabla}{E}$$

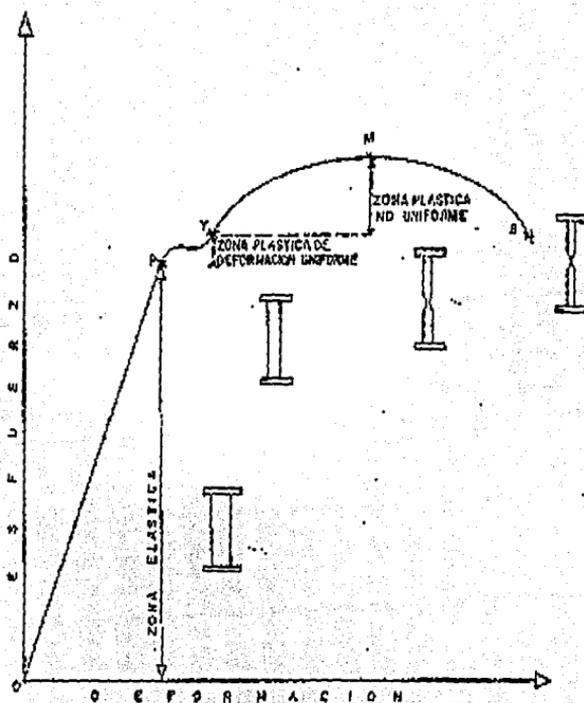
ϵ = Deformación

∇ = Esfuerzo

E = Módulo de Young

Analizando de una curva esfuerzo - deformación, de las obtenidas en una prueba de tracción (figura III.8.2.), se ve que los esfuerzos están como ordenadas y las deformaciones como abscisas, se verán dos zonas una en que el metal no se deforma y si lo hace no es en forma permanente, zona de comportamiento plástico, cumpliendo con la ley de Hooke.

GRAFICA ESFUERZO - DEFORMACION



OP.- Limite de Proporcionalidad

Y - Punto de Cedencia

M - Esfuerzo Máximo

B - Punto de Ruptura

(Fig. III.8.2)

El punto en el que el metal cambia de comportamiento se le conoce como límite de proporcionalidad, el cual sirve para muchos cálculos de Ingeniería. Antes de comenzar la deformación el área y la carga son proporcionales.

OP .- Determina la magnitud del límite de proporcionalidad es decir la tensión que el material de la muestra resiste sin apartarse de la ley de Hooke. El esfuerzo y la deformación son proporcionales.

Y .- Punto de cedencia, el material se deforma sin que haya incremento en la carga.

B .- El material se rompe al ser llevado hasta la resistencia límite (B).

YM.- Esfuerzo y deformación se incrementan hasta alcanzar el esfuerzo máximo en el punto M.

III.8.3. PRUEBA DE COMPRESION

Estudia el comportamiento de un material sometido a un esfuerzo de compresión progresivamente creciente, ejercido por una máquina apropiada hasta conseguir la ruptura o aplastamiento según la clase del material.

Estas pruebas es conveniente realizarlas con materiales relativamente frágiles, en la práctica se emplean para valorar las propiedades del hierro colado o de aleaciones frágiles. Este tipo de prueba es poco frecuente por que da menos datos que la prueba de tracción.

III.8.4. PRUEBA DE FLEXION

Esta prueba debe considerarse como complemento de la prueba de tracción, para aplicarla en aquellos casos en que por la fragilidad del material, las pruebas de tracción no dan resultados convenientes. Este tipo de pruebas no llega a realizarse con los materiales de los equipos a presión ya que al estudiar el comportamiento del acero con este tipo de prueba, no llegan a romperse las probetas con las pruebas ordinarias de flexión.

Esta prueba se aplica para determinar el grado de ductilidad de uniones. La soldadura se prueba en distintas posiciones ya sea a lo largo o a través de ella; según el código de construcción aplicable.

La prueba se hace aplicando transversalmente una fuerza sobre la probeta, en la porción que se va a flexionar; las fuerzas de flexión se aplican por medio de una maquina de compresión que cuenta con el dispositivo para tal fin.

Los resultados son de tipo cualitativo, calificando en base a grietas que se puedan formar sobre la superficie convexa de la probeta; después de flexionar normalmente a un ángulo de 180° C.

III.8.5. PRUEBA DE FATIGA

Debemos hacer mención a que la prueba de fatiga para los metales no ha sido normalizado por la ASTM, y por consiguiente es muy poco usada en México.

Este ensayo determina el comportamiento relativo de los materiales bajo distintos tipos de intensidades de cargas fluctuantes, lo que ocasiona posteriormente la destrucción total de la pieza o de la muestra, por ello podemos decir que el fin de la prueba de fatiga consiste en ver las posibilidades del material para trabajar sin destrucción en condiciones de una carga cíclica (repetida o fluctuante).

Las pruebas de fatiga se utilizan para estudiar el comportamiento de los materiales bajo distintos tipos e intensidades de cargas fluctuantes, para determinar el efecto de la corrosión, el tamaño y concentración de los esfuerzos.

III.8.6. PRUEBAS DE IMPACTO

Aunque la tenacidad (energía que absorbe un material en su deformación y ruptura) de un material puede obtenerse calculando el área bajo el diagrama esfuerzo - deformación, la prueba de impacto indica la tenacidad relativa.

Esta prueba se efectúa mediante un péndulo, el cual choca contra la muestra y la rompe; al romperla absorbe energía que es transmitida por el péndulo. Las pruebas mas comunes son la Charpy y la Izod, la diferencia entre ellas es el tipo de probeta utilizada y el lugar donde se golpea.

Prueba Charpy.

Utiliza un martillo de péndulo, la muestra se coloca en un tornillo de banco apoyada como una viga simple, se sitúa el martillo a una cierta altura sobre el nivel de la probeta, dependiendo del tipo de muestra que se pretende probar. A esa altura, con referencia al tornillo del banco, el péndulo tiene una cierta cantidad de energía potencial.

Cuando se libera el péndulo, esta energía se convierte en energía cinética hasta que golpea la muestra, una parte de la energía del péndulo se utilizara para romper la muestra, provocando que el péndulo se cleve en el lado opuesto de la maquina a una altura menor que aquella con que inicio su movimiento desde ese mismo lado de la maquina.

El peso del péndulo multiplicado por la diferencia de alturas indicara la energía absorbida por la muestra.

Prueba Izod.

Emplea un péndulo similar al de la prueba Charpy, las probetas se colocan en un banco de modo que quede como una viga en cantiliver (voladizo).

El funcionamiento del péndulo es idéntico al que actúa en la prueba Charpy, con una muestra se hacen tres ensayos sucesivos y se toma el promedio de ellos.

Pruebas de dureza.

La dureza es una propiedad muy compleja de la materia en estado sólido, pero entendemos por dureza la propiedad de la cara superficial del material de resistir a la deformación.

Los métodos mas usados son los de penetración, donde se dice que la dureza es la resistencia que presenta el metal para ser penetrado por otros metales mas duros (penetrador).

La dureza Vickers, Rockwell y Brinell son las mas conocidas y la diferencia entre ellas esta en el tamaño, forma del penetrador y en la carga que se aplica. En todos ellos la presión se ejerce lentamente.

III.9. PROGRAMA DE CONSTRUCCION, INSTALACION E INSPECCION PARA LA PREVENCION DE FALLAS EN RECIPIENTES A PRESION

CONSTRUCCION

- 1.- Los recipientes a presión, sus accesorios y aditamentos serán :
 - a) concebidos de tal manera que sean convenientes a las circunstancias particulares de sus usos; y
 - b) contruidos de modo tal que de suficiente resistencia para soportar las presiones internas que estén expuestos.
- 2.- Los materiales usados en la construcción de los recipientes a presión debieran ser de tipo que reduzcan al mínimo el riesgo de merma debido a corrosión, erosión o electrólisis en las circunstancias particulares del uso a que se dedique el recipiente.
- 3.- Al planear los recipientes a presión, se dejara cierta tolerancia en cuanto al grueso de las planchas teniendo en cuenta la merma debida a la corrosión, corrosión o electrólisis.

REGISTRO DE RECIPIENTES A PRESION.

- 4.- Todo recipiente a presión se acompañara de un certificado expedido por el fabricante, que demuestre las características de la construcción y la presión máxima permisible de trabajo de dicho recipiente.
- 5.- Todo recipiente a presión construido o vendido ira acompañado de un certificado que demuestre todas las especificaciones técnicas usadas por el fabricante y contendrá todas las normas, diseños y dimensiones, de acuerdo con el numero de placa que el fabricante del recipiente a presión fije en ella.
- 6.- El certificado a que se refiere el párrafo 5 contendrá también el resultado de todas las pruebas llevadas a efecto durante la fabricación del material y la construcción del recipiente.
- 7.- El certificado a que se refiere el párrafo 5 acompañara a el recipiente durante toda su existencia.

- 8.- Todo propietario de un recipiente a presión mantendrá un registro de conservación del mismo en el cual se anotaran, bajo las fechas correspondientes, todas las pruebas, inspecciones interiores y exteriores, limpieza y reparaciones efectuadas. Este registro será mostrado cada vez que el inspector de recipientes a presión u otra autoridad competente cualquiera lo solicite. (rEF. 2 Y 10)

INSTALACION

- 1.- Los recipientes a presión se instalaran de tal manera que todas las partes puedan inspeccionarse fácilmente.

ABERTURAS DE ACCESO Y DE INSPECCION

- a) Exceptuando aquellos recipientes donde esas aberturas de inspección no sean factibles, los recipientes a presión estarán equipados con agujeros de hombre, orificio de mano u otras aberturas de inspección para examinar y limpiar el recipiente, a menos que este provisto de cabezales removibles o de cubreplaca de suficientes dimensiones para ese fin.
- b) Los recipientes de más de 6 mts (20 pies) de largo deberán tener, por lo menos, dos aberturas de inspección.
- 2.- Los agujeros de hombre en los cabezales o cascos de los recipientes a presión serán de suficientes dimensiones para permitir el fácil acceso y egreso; se conformaran con las dimensiones mínimas establecidas por la autoridad competente. Se sugiere como dimensiones mínimas las siguientes :
- a) 30 por 40 cm (12 por 16 pulg), de diámetro si son elípticas ; y
- b) 40 cm (16 pulg) de diámetro, si son circulares.
- 3.- Los orificios de mano en los cabezales o cascos de los recipientes a presión serán de dimensiones suficientes para admitir la mano y no deberán ser menores de 70 por 90 mm (2 3/4 por 3 1/2 de pulg).

- 4.- Las aberturas con roscas en los recipientes a presión, cuando se intenten emplear para inspección o limpieza, serán del tamaño de tubo no menor de 40 mm (1 1/2 pulg).

APARATOS DE SEGURIDAD

- 5.- Los recipientes a presión estarán protegidos por válvulas o dispositivos de seguridad y de desahogo o por dispositivos indicadores y de control que garanticen un funcionamiento seguro con los aparatos construidos, colocados e instalados de tal manera que no puedan fácilmente ser puestos fuera de servicio.

VALVULAS DE SEGURIDAD

- 6.- Las válvulas de seguridad de los recipientes a presión estarán provistas de un dispositivo de alza sólido, por medio del cual pueda levantarse el disco de la válvula de su asiento después que la presión del recipiente haya alcanzado el 75% de la presión de disparo para la cual se ha ajustado la válvula.
- 7.- Las válvulas de seguridad en los recipientes a presión que no generan presión en ellos mismos, si no que la reciben de una fuente exterior, estarán conectadas a los recipientes o sistemas que protejan de manera que eviten que la presión exceda de la máxima permisible de trabajo en cualquiera de los recipientes protegidos por dichas válvulas.
- 8.- Las válvulas de seguridad en los recipientes a presión que generen presión en ellos estarán conectadas :
- a) directamente a los recipientes que deban proteger; o
 - b) a las tuberías que conducen a los recipientes, si el contenido de estos presenta posibilidad de obstrucción o puedan causar interferencias con el funcionamiento de las válvulas de seguridad conectadas directamente.
- 9.- No se usaran en los recipientes a presión las válvulas de seguridad que tengan el asiento o el disco de hierro fundido.

- 10.- La capacidad de descarga de las válvulas de seguridad de los recipientes a presión será suficiente para el tamaño de las tuberías de abastecimiento y para las presiones a las cuales funcionan los recipientes.
- 11.- Los escapes de las válvulas de seguridad de los recipientes a presión estarán colocados o entubados en forma tal que no presenten peligro para las personas.
- 12.- Cuando dos o más válvulas de seguridad estén colocadas en la conexión de un recipiente a presión, dicha conexión tendrá un área combinada de las válvulas de seguridad.
- 13.- Cuando haya dos o más válvulas de seguridad instaladas en un recipiente a presión, todas, exceptuando una, deberán estar reguladas para dispararse a una presión ligeramente superior a la presión máxima permisible de trabajo.
- 14.- Cuando las válvulas de seguridad de los recipientes a presión estén expuestas a temperaturas de 0 °C. (32 ° F) o menores, estarán provistas de desagües apropiados en el punto más bajo donde el agua pueda almacenarse.
- 15.- Las válvulas de seguridad de los recipientes a presión serán ensayados por lo menos una vez al día, excepto cuando el recipiente contiene gases inflamables, en cuyo caso la válvula de seguridad será ensayada tan frecuentemente como sea necesario para asegurar el mayor grado posible de seguridad.

DISCOS DE RUPTURA.

- 16.- Los discos de ruptura, cuando se empleen, estarán contruidos de un material adecuado que :
 - a) sea de espesor uniforme ;
 - b) sea capaz de soportar cualquier acción química a la cual este expuesto ; y
 - c) no sufra el mas mínimo cambio por el esfuerzo de tensión debido a modificaciones de temperatura.
- 17.- Cuando se usen discos de ruptura de seguridad como protección adicional de los recipientes a presión, serán proyectados para quebrarse a mayor presión que aquella para lo cual hayan sido ajustadas las válvulas de seguridad.

IDENTIFICACION DE LA VALVULAS DE CONTROL

18.- En el caso de una batería de recipiente a presión, las válvulas de control serán claramente marcadas, numerándolas o usando un sistema de colores llamativos, y a menos que la válvula este colocada en el recipiente, cada recipiente llevara una marca que corresponda a la de su válvula.

APARATOS INDICADORES Y REGISTRADORES

19.- Los dispositivos indicadores y registradores en los recipientes a presión serán :

- a) tan seguros como sea factible ;
- b) fácilmente legibles ;
- c) protegidos de tal manera que eviten lesionar a los trabajadores en caso de rotura ; y
- d) propiamente conservados. (Ref. 11 y 2)

INSPECCION

1.- Los recipientes a presión serán inspeccionados, interior y exteriormente por inspectores calificados, designados a este fin por la autoridad competente :

- a) después de ser instalados, y antes de ser entregados al servicio.
- b) después de ser reconstruidos o reparados, y antes de ponerse de nuevo en servicio ; y
- c) periódicamente, a intervalos especificados por la autoridad competente.

2.- Cuando en una inspección se encuentre algún deterioro en el recipiente que pueda aumentar el riesgo de explosión, la presión de trabajo permisible se reducirá suficientemente para permitir un funcionamiento seguro del recipiente; esta reducción tomara en consideración los años de funcionamiento del recipiente.

3.- El certificado del fabricante y los registros de las inspecciones periódicas estarán disponibles para ser examinadas durante la vida del recipiente.

- 4.- Después de haber sido debidamente notificado sobre la propuesta de inspección de un recipiente a presión, el propietario o el que lo utilice, preparara el recipiente para el momento designado :
- a) quitando las cubiertas de todas las aberturas de inspección ; y
 - b) limpiando completamente el recipiente a fin de facilitar su examen.
- 5.- La inspección de los recipientes a presión debiera incluir :
- a) ensayos de martillo o calibrado del casco y fondos ;
 - b) ensayos para conocer si hay salideros de gas ; y
 - c) pruebas hidrostática cuando tales pruebas se consideren necesarias por el inspector.
- 6.- Cuando los recipientes a presión estén sometidos a pruebas hidrostática, la presión de prueba requerida no será inferior a 1 1/2 veces la presión de trabajo máxima permisible, y dichas pruebas se ajustaran a los requisitos establecidos por la autoridad competente.
- 7.- Los recipientes a presión que, al ser inspeccionados, no presentan la debida seguridad para ser utilizados o que no estén provistos de los accesorios necesarios para su operación segura, o que tengan los accesorios impropriamente instalados, no funcionaran hasta que los recipientes y sus accesorios sean puestos en condiciones que garanticen la seguridad de las operaciones.
- 8.- Cuando los recipientes a presión sean reparados, se emplearan solamente materiales similares a aquellos que fueron inicialmente utilizados para su construcción. (Ref. 2 y 11)

INSPECCION DE TANQUES

REFINERIA: _____
 TANQUE: _____
 INSPECCION: _____

FECHA: _____
 PRODUCTO: _____

NOTA: Anote las deficiencias mas importantes, circulando la(s) parte(s) que se consideren afectadas.

		OBSERVACIONES
CUERPO	OK- Fugas-Deformaciones-Pintura	
FONDO	OK-Fuga	
TIPO DE CUPULA	Fija-flotante	
ESCALERA	OK-Sucia-Barandal-Escalones	
TECHO	OK-Fugas-Deformaciones-Pintura	
REG. MUESTREO	OK-Abierto-Sin Tapa-Mal.Inadec.	
PLATAFORMA	OK-Barandal-Sucio-Piso Malo	
VALVULAS VENTEO	OK-Revisadas-No Tiene-Arrest. Si No	
PROTECCION C.I.	OK-Rev.No Tiene-Deficiente	
TIERRAS	OK-No Tiene-Deficiente	
ALUMBRADO	OK-No Tiene-Deficiente	
PURGAS	OK-Fugas-Deficiente	
PATIO	OK-Maleza-Materiales-Producto	
LINEAS	OK-Fugas	
PASILLOS INT.	OK-Obstruidos-Deficientes	
DRENAJES	OK-Obstruidos-Deficientes	
VALVULAS DRENAJES	Cerradas-Abiertas-No tiene	
MURO DE CONT.	OK-Roto-Deficiente-No Hay	
ACCESOS	OK-Deficientes-No Hay	
INST. ELECTRICA	OK-Deficientes-No Hay	
AGITADOR	OK-Fuga-No Tiene	
SELLO	OK-Roto	
PONTON	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	
% EXP.		
ESCALERA INT.	OK-Barandal-Escalones-Gulas-Grasa	
GUIA TECHO	OK-Desviado	

FALLA DE ORIGEN

INSPECCION EXTERIOR DE ESFERAS

CENTRO DE TRABAJO _____

FECHA DE LA INSPECCION _____

NOMENCLATURA DEL TANQUE _____

PRODUCTO QUE ALMACENA _____

CAPACIDAD EN BARRILES _____

		SI	NO			SI	NO
CIMENTACION Y MATERIA	PRESENTA FRACTURAS			ASISMIENTO EN CUBIERTA	CUENTA CON AISLAMIENTO EXTERIOR		
	PRESENTA ASENTAMIENTOS				EL EDO. GENERAL ES BUENO		
	PRESENTA HUNDIMIENTOS				PRESENTA FRACTURAS		
	LAS BASES PRESENTAN FRACTURAS				PRESENTA CRECIMIENTOS BIOLÓGICOS		
	DESPRENDIMIENTOS DE CONCRETO				PRESENTA PENETRACION DE HUMEDAD		
	PINTURA EN BUEN ESTADO				EL ESTADO DE LA PINTURA EXTERIOR ES BUENA		
	LA PLACA METALICA EN BUEN ESTADO				LA ENVOLVENTE PRESENTA CORROSION		
	ESTAN COMPLETOS				LOS CASQUETES PRESENTA CORROSION		
	PRESENTA CORROSION				EL ESTADO DE LAS SOLD. ES BUENO		
	LAS SILETAS SOLDADAS AL CUERPO ESTAN BIEN				PRESENTAN CORROSION		
PLATAFORMAS	LA CONEXION A TIERRA ESTA BIEN			ENVOLVENTE Y CASQUETE	SE APRECIAN DEFORMACIONES EN LA ENVOLVENTE		
	LA PLATAFORMA SUPERIOR ESTA EN BUEN EDO.				SE APRECIAN DEFORMACIONES EN CASQUETES		
	PRESENTA CORROSION				EL ESTADO DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS ES BUENO		
	ESTA COMPLETA				LA SOPORTERIA ESTA BIEN		
	LA SOPORTERIA DE LA PLAT. ESTA EN BUEN EDO.				ES LA ADECUADA		
	SUS SOLDADURAS CON EL CUERPO ESTAN BIEN				PRESENTA FUGAS		
	PRESENTAN FRACTURAS				PRESENTA CORROSION		
	PRESENTAN CORROSION				PRESENTA VIBRACION		
	EL EDO. DE LAS BOQUILLAS ES BUENO				SU PINTURA ESTA EN BUEN ESTADO		
	PRESENTA CORROSION				CUENTA CON MANOMETRO		
BORNILLAS, CUBIERTOS Y BRIDELIA	SUS SOLDADURAS ESTAN EN BUEN EDO.			UNION DE BORNILLAS	CUENTA CON TERMOMETRO		
	SUS SOLAPAS DE REFZO. EN BUEN EDO.				CUENTA CON ROTO GAGE		
	EXISTEN FUGAS EN LAS BOQUILLAS				CUENTA CON INDICADOR DE NIVEL		
	EXISTEN FUGAS POR LOS TESTIGOS				CUENTA CON CONTROL AUTOMATICO DE FLUJO		
	LOS ESPARRAGOS Y TUERCAS ESTAN PRESENTES				CUENTA CON ALARMA DE ALTA PRESION		
	EN BUEN ESTADO				CUENTA CON ALARMA DE ALTO NIVEL		
	PRESENTAN FUGAS				CUENTA CON SISTEMA VICKERS		
	PRESENTAN CORROSION				OPERA CORRECTAMENTE LA INSTRUMENTACION		
	ESTAN CUBIERTAS DE HIELO				OPERA CORRECTAMENTE LAS ALARMAS		
	LAS BRIDAS ESTAN EN BUEN ESTADO				EL EDO. GRAL. DE LAS VALVULAS ES BUENO		
VALVULAS Y VALVULAS	LAS CONEXIONES Y NIPLEERIA ESTAN EN BUEN EDO.			VALV. BUEN EDO.	PRESENTA FUGAS		
	ESTAN DE ACUERDO A NORMA				PRESENTA CORROSION		
	ESTAN INSTALADAS LAS VALVULAS DE SEGURIDAD				CUENTA CON PROTECCION CONTRA INCENDIOS		
	ESTAN DENTRO DE PERIODO DE REVISION						
	TIENEN VALVULA PILOTO						
	PRESENTAN FUGAS						
	PRESENTAN CORROSION						
	SE PASAN						
	CUENTAN CON BLOQUITOS						
	ESTAN ALINADAS						
CUENTAN CON EXPANSION							
ES BUENO EL ESTADO DE LA EXPANSION							
LA DFNC DE LAS VALV. ESTA ABAJO DE NIV. DE CAB.							
CUENTAN CON SIST. DE DRENE DEL POSIBLE SELLO							

FALLA DE ORIGEN

INSPECCION EXTERIOR DE SALCHICHAS

CENTRO DE TRABAJO _____

FECHA DE LA INSPECCION _____

NOMENCLATURA DEL TANQUE _____

PRODUCTO QUE ALAMENTARA _____

CAPACIDAD EN BARRILES _____

		SI	NO			SI	NO
ELEMENTOS DE SUPERFICIE	PRESENTA FRACTURAS			ENVOLVENTE Y BOQUILLAS	CUENTA CON AISLAMIENTO EXTERIOR		
	PRESENTA ASENTAMIENTOS				EL EDO. GENERAL ES BUENO		
	PRESENTA HUNDIMIENTOS				PRESENTA FRACTURAS		
	LAS BASES PRESENTAN FRACTURAS				PRESENTA CRECIMIENTOS BIOLÓGICOS		
	DESFRENDEMIENTOS DE CONCRETO				PRESENTA PENETRACION DE HUMEDAD		
	PINTURA EN BUEN ESTADO				EL ESTADO DE LA PINTURA EXTERIOR ES BUENA		
	LA PLACA METALICA EN BUEN ESTADO				LA ENVOLVENTE PRESENTA CORROSION		
	ESTAN COMPLETOS				LOS CASQUETES PRESENTA CORROSION		
	PRESENTA CORROSION				EL ESTADO DE LAS SOLDAS BUENO		
	LAS STILETAS SOLDADAS AL CUERPO ESTAN BIEN				PRESENTAN CORROSION		
PLATAFORMA	LA CONEXION A TIERRA ESTA BIEN			LINEAS	SE APRECIAN DEFORMACIONES EN LA ENVOLVENTE		
	LA PLATAFORMA SUPERIOR ESTA EN BUEN EDO.				SE APRECIAN DEFORMACIONES EN CASQUETES		
	PRESENTA CORROSION				EL ESTADO DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS ES BUENO		
	ESTA COMPLETA				LA SOPORTERIA ESTA BIEN		
	LA SOPORTERIA DE LA PLAT. ESTA EN BUEN EDO.				ES LA ADECUADA		
	SUS SOLDADURAS CON EL CUERPO ESTAN BIEN				PRESENTA FUGAS		
	PRESENTAN FRACTURAS				PRESENTA CORROSION		
	PRESENTAN CORROSION				PRESENTA VIBRACION		
	EL EDO. DE LAS BOQUILLAS ES BUENO				SU PINTURA ESTA EN BUEN ESTADO		
	PRESENTA CORROSION				CUENTA CON MANOMETRO		
BOQUILLAS, CONEXIONES Y SOLDADURAS	SUS SOLDADURAS ESTAN EN BUEN EDO.			INSTUMENTACION	CUENTA CON TERMOMETRO		
	SUS SOLAPAS DE REFZO. EN BUEN EDO.				CUENTA CON ROTO-GAGE		
	EXISTEN FUGAS EN LAS BOQUILLAS				CUENTA CON INDICADOR DE NIVEL		
	EXISTEN FUGAS POR LOS TESTIGAS				CUENTA CON CONTROL AUTOMATICO DE FLUJO		
	LOS ESPARRAGOS Y TUERCAS ESTAN PRESENTES				CUENTA CON ALARMA DE ALTA PRESION		
	EN BUEN ESTADO				CUENTA CON ALARMA DE ALTO NIVEL		
	PRESENTAN FUGAS				CUENTA CON SISTEMA VICKERS		
	PRESENTAN CORROSION				OPERA CORRECTAMENTE LA INSTRUMENTACION		
	ESTAN CUBIERTAS DE NIELO				OPERA CORRECTAMENTE LAS ALARMAS		
	LAS BRIDAS ESTAN EN BUEN ESTADO				EL EDO. GENERAL DE LAS VALVULAS ES BUENO		
VALVULAS DE SEGURIDAD	LAS CONEXIONES Y NIPLEERIA ESTAN EN BUEN EDO.			VALVULAS	PRESENTA FUGAS		
	ESTAN DE ACUERDO A NORMA				PRESENTA CORROSION		
	ESTAN INSTALADAS LAS VALVULAS DE SEGURIDAD				CUENTA CON PROTECCION CONTRA INCENDIOS		
	ESTAN DENTRO DE PERIODO DE REVISION						
	TIENEN VALVULA PILOTO						
	PRESENTAN FUGAS						
	PRESENTAN CORROSION						
	SE PASAN						
	CUENTAN CON BLOQUEOS						
	ESTAN ALINEADAS						
CUENTAN CON EXPANSION							
ES BUENO EL ESTADO DE LA EXPANSION							
LA DESC. DE LAS VALV. ESTA ABAJO DE NIV. DE CAB.							
CUENTAN CON SIST. DE DRENE DEL POSIBLE SELLO							

FORMA 17/197

III.9.2. CUADRO DE ASPECTOS A CONSIDERAR PARA EVITAR O REDUCIR FALLAS

En el cuadro siguiente se muestra un resumen de aspectos mas importantes para reducir al máximo y evitar fallas en nuestros equipos.

1.- ESTABLECER DISEÑOS CORRECTOS

2.- SELECCION CORRECTA DE MATERIALES

3.- CONTROL ESTRICTO DE CALIDAD

✦ NORMAS

✦ ESPECIFICACIONES

4.- APLICACION DE CODIGOS DURANTE LA CONSTRUCCION

ASME

ASTM

ANSI

AWS

API

ETC.

5.-DESARROLLO DE PRUEBAS NO-DESTRUCTIVAS Y DESTRUCTIVAS CORRECTAS

6.-ESTABLECER PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN FORMA PERIODICA Y ADECUADA

PLANTA DE TRABAJO
FECHA DE ANALISIS

ANALISIS DE NIPLERIA
AREA O PLANTA

NOMENCLATURA DEL EQUIPO O LINEA	SERVICIO	PROBLEMA DETECTADO EN LA NIPLERIA	VELOCIDAD DESGASTE EQUIPO O LINEA	LA NIPLERIA ESTA DE ACUERDO CON EL REGLAMENTO	FECHA ULTIMA REVISION	FECHA ULTIMA CALIBRACION	GRADO DE RIESGO (ALTO, MEDIO BAJO)	OBSERVACIONES

ANALISIS DE EQUIPO CON PROBLEMAS

CENTRO DE TRABAJO _____
FECHA DE ANALISIS _____

AREA O FLUJTA _____

NOMENCLATURA	SERVICIO	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	ANTECEDENTES	CONDICIONES DE OPERACION PSMF	GRADO DE RIESGO	OBSERVACIONES

ANALISIS DE DE VALVULAS DE ALIVIO

CENTRO DE TRABAJO _____
FECHA DE ANALISIS _____

AREA O PLANTA _____

NOMENCLATURA	LOCALIZACION	PRODUCTO QUE MANEJA	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	CATEGORIA INDISPENSABLE SECUNDARIA O PARTICULAR DEL EQUIPO	REQUIERE PARO TOTAL	PLANTA PARCIAL	OBSERVACIONES

DIAGNOSTICO SOBRE EL ESTADO FISICO DE PLANTAS E INSTALACIONES

CENTRO DE TRABAJO _____

AREA O PLANTA _____

FECHA DE ANALISIS _____

INSPECCION PREVENTIVA DE RIESGOS EN EQUIPOS Y LINEAS

DESCRIPCION DEL PROBLEMA O ANOMALIAS DETECTADAS	SITUACION DE RIESGO QUE REPRESENTA	OBSERVACIONES

CENTRO DE TRABAJO
FECHA DE ANALISIS

AREA O PLANTA

RIESGOS MAYORES PRESENTES O POTENCIALES

DESCRIPCION DEL RIESGO	NOMENCLATURA O EQUIPO O PLANTA	LOCALIZACION	SITUACION DE RIESGO QUE PRESENTA	OBSERVACIONES

DIAGNOSTICO SOBRE EL ESTADO FISICO DE PLANTAS E INSTALACIONES

CENTRO DE TRABAJO _____
FECHA DE ANALISIS _____

AREA O PLANTA _____

ANALISIS DE DISPOSITIVOS DE PROTECCION

VARIABLES QUE CONTROLA	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	GRADO DE RIESGO (ALTO, MEDIO, BAJO)	OBSERVACIONES

CAPITULO IV

CONSECUENCIAS

Las consecuencias que se pueden tener al no prevenir al máximo las fallas en los recipientes a presión pueden ser catastróficas y provocar serios problemas en la integridad de los operarios y al resto de las instalaciones que les rodean, así como también al medio ambiente circundante.

La magnitud del factor accidente en los diversos ambitos de la vida así como de las actividades familiares y sociales en México, se expresa en la forma de muy elevadas pérdidas en vidas, en capacidad físicas y en tiempo de trabajo dedicado a la producción de satisfactores para el país.

Los riesgos originados en el trabajo industrial adquieren cada día importancia por su considerable crecimiento a la frecuencia, marchando en paralelo al aumento de la industrialización; por el crecimiento de la gravedad está también en relación con la creación de actividades de alta peligrosidad, tales como los de la industria siderurgica, la química, la mecánica, la eléctrica, etc.

El problema de los accidentes de trabajo afecta en forma tan importante a la producción y economía de las empresas así como también del país. De buena fuente obtuvimos la información de que la sangría de los accidentes de trabajo arroja una pérdida anual de varios millones de pesos, esto sin tomar en cuenta las pérdidas humanas, la incapacitación de hombres y mujeres, los equipos dañados, las producciones destruidas y la baja de los controles de calidad.

Por lo antes dicho, nos hace reflexionar que la industria está obligada para con la sociedad a efecto de prevenir los accidentes. Subrayando todas las medidas para prevenir los accidentes también nos ayuda a mejorar la eficiencia y la producción.

Cada accidente refleja un síntoma de error en la operación, falla en el diseño, falla en el equipo, mala distribución y colocación de la maquinaria, falta de entrenamiento, falta de supervisión, procedimientos inadecuados, etc. Estas causas básicas de las fallas en los accidentes son producto de la ineficiencia.

Entre los agentes perturbadores de origen químico de mayor incidencia en el territorio nacional, se encuentran los incendios y las explosiones, que con frecuencia son efectos de las actividades que desarrollan las crecientes concentraciones humanas y de los procesos propios del desarrollo tecnológico aplicado en la industria, que conllevan al uso amplio y variado de energía, de sustancias, y materiales volátiles e inflamables susceptibles de provocar incendios, así como explosiones.

Otros fenómenos que trae con sígo las explosiones son los envenenamientos por fugas de sustancias peligrosas y daños causados por la radiación; etc.

Las explosiones se definen como una liberación súbita y violenta de energía que para su ocurrencia requiere de productos explosivos tales como sustancias químicas, gas, combustibles, etc; y de la acción de un detonador como temperatura, fuego, presión, choque u otros.

Los incendios y explosiones son fenómenos comúnmente asociados, ya que uno puede generar al otro tanto en las instalaciones de la industria y el comercio; dado que el uso inadecuado de combustibles, fallas en las instalaciones, el inadecuado almacenamiento y traslado de sustancias peligrosas, esto por mencionar solo algunos.

En las últimas décadas se han registrado un notable incremento en la magnitud y frecuencia tanto de los incendios como explosiones; ello ha dado lugar a que los programas preventivos de producción civil cobren una especial relevancia, particularmente en las ciudades donde se encuentran instalados grandes complejos industriales, comerciales y de servicio.

La ocurrencia de explosiones en zonas urbanas implica un grave peligro para los habitantes y usu bienes: la propagación de las explosiones en áreas urbanas depende de diversos factores como: el manejo de productos inflamables, lo cual produce incendios a su vez estos dependen de la velocidad del viento, el clima de la región, la existencia y efectividad de los equipos de control y combate contra incendios provocados por explosiones. Para lo cual hacemos mención y mostramos un mapa para ubicar las localidades en las que ocurrieron explosiones e incendios, así como una estadística de la cuantificación de los daños ocasionados en cada una de las localidades mencionadas: como mero ejemplo entre 1982 y 1984 ocurrieron en el país 2,327 incendios industriales con un promedio anual de 775 incendio y explosiones.



PROMEDIO ANUAL DE INCENDIOS Y EXPLOSIONES URBANOS POR LUGAR DE OCURRENCIA EN EL PERIODO 1982-1984

ENTIDAD FEDERATIVA	INCENDIOS Y EXPLOSIONES (PROMEDIO ANUAL)	PERDIDAS ECONOMICAS (PROMEDIO ANUAL)	Nº DE MUERTOS
AGUASCALIENTES	173	40,328	2
BAJA CALIFORNIA	1,539	207,222	19
BAJA CALIFORNIA SUR	171	67,881	1
CAMPECHE	70	26,529	
COAHUILA	1,082	345,102	8
COLIMA	134	16,518	2
CHAPAS	36	13,663	1
CHIHUAHUA	1,845	815,763	21
DISTRITO FEDERAL	3,474	1,185,315	15
DURANGO	252	41,306	7
GUANAJUATO	1,103	657,893	28
GUERRERO	167	89,628	1
HIDALGO	217	80,412	93
JALISCO	520	215,660	6
MEXICO	925	244,354	104
MICHOACAN	483	168,465	7
MORELOS	212	124,168	7
NAYARIT	163	65,262	8
NUEVO LEON	1,635	461,054	15
OAXACA	184	11,988	6
PUEBLA	367	42,848	13
QUERETARO	288	109,229	7
QUINTANA ROO	213	55,245	
SAN LUIS POTOSI	369	142,887	4
SINALOA	575	142,416	13
SONORA	1,787	1,184,814	62
TABASCO	206	38,014	3
TAMAULIPAS	971	266,601	10
TLAXCALA			
VERACRUZ	620	24,793	21
YUCATAN	205	177,026	
ZACATECAS	40	15,611	
TOTAL :	20,026	7,077,989	484

119

CALLA DE MICHEN

INCENDIOS Y EXPLOSIONES POR ENTIDAD FEDERATIVA EN EL PERIODO 1982-1984

ENTIDAD FEDERATIVA	DOMESTICOS	COMERCIALES	INDUSTRIALES
AGUASCALIENTES	111	48	14
BAJA CALIFORNIA	1,023	318	198
BAJA CALIFORNIA SUR	129	35	7
CAMPECHE	39	18	13
COAHUILA	736	256	90
COLIMA	106	21	7
CHIAPAS	20	12	4
CHIHUAHUA	1,317	376	152
DISTRITO FEDERAL	2,471	635	368
DURANGO	194	31	27
GUANAJUATO	824	130	149
GUERRERO	97	63	7
HIDALGO	134	73	10
JALISCO	313	142	65
MEXICO	510	195	220
MICHOACAN	370	89	24
MORELOS	131	59	22
NAYARIT	124	28	11
NUEVO LEON	911	331	393
OAXACA	158	24	2
PUEBLA	208	95	64
QUERETARO	186	78	24
QUINTANA ROO	137	27	49
SAN LUIS POTOSI	264	79	26
SINALOA	327	191	57
SONORA	1,212	367	208
TABASCO	123	67	16
TAMALIPIAS	738	188	45
TLAXCALA			
VERACRUZ	445	138	36
YUCATAN	144	44	17
ZACATECAS	33	4	3
TOTAL:	13,535	4,163	2,328

120 FALLA DE ORIGEN

Las consecuencias que se derivan de la no prevención de las fallas podemos clasificarlas de la siguiente manera :

- Consecuencias Técnicas
- Consecuencias Económicas
- Consecuencias Sociales

De las cuales se hace mención...

IV.1. CONSECUENCIAS TECNICAS

Las consecuencias que se derivan son las siguientes :

a) **Reposición de equipos**

Un material que no sea resistente ya sea al ataque corrosivo, o que no tenga propiedades de Soldabilidad, o que falle por temperaturas variables. Puede ocasionar que nuestro equipo falle en poco tiempo de servicio.

b) **Sobrediseño de las dimensiones**

Para aquellos materiales los cuales tienen poca resistencia a la corrosión o que sus propiedades no son factibles para el proceso al que se a designado. Esto trae como consecuencia que las dimensiones de nuestros equipos sean mayores a las inicialmente calculadas, dando como resultado que los equipos sean de mayor tamaño y por lo cual resulten mas pesados y de mayor costo, etc.

c) **Paros de los equipos**

Los recipientes a presión que han sido atacados, por corrosión, fatiga, sobreesfuerzos, sobrecalentamiento, etc., necesariamente tienen que ser retirados de operación lo cual implica pérdida en la producción.

d) Contaminación o pérdida del producto

Cuando en los componentes de los recipientes a presión se llega a producir perforaciones o roturas en las paredes metálicas, los agentes ajenos al fluido contaminan el producto, lo cual en muchos casos es costosísimo.

e) Daños a equipos adyacentes

La destrucción de un recipiente a presión por alguna falla, puede dañar los equipos con los que esta colaborando en el proceso de producción.

IV.2. CONSECUENCIAS ECONOMICAS

En cuanto al aspecto económico el no aplicar la prevención, incrementa el costo del recipiente, esto es por no haber utilizado el material adecuado, el diseño correcto, el personal especializado, etc.

Esto provoca un aumento o pérdida económica, de las cuales podemos citar algunas consecuencias.

- Aumentar el riesgo de que una falla provoque un siniestro en el cual puedan perder vidas humanas y/o destrucción total del equipo.
- Aumentar el riesgo de que una falla suspenda la operación y consecuentemente ocasione pérdidas por no haber producción, por reparaciones y por mano de obra ociosa.
- Para el fabricante representa el no evitar la ejecución de reparaciones, que equivale a efectuar dos veces el trabajo, cobrándolo solamente una vez.
- La fabricación bajo ningún control de seguridad dará desprestigio al fabricante lo cual representa menos ventas.
- Etc.

IV.3. CONSECUENCIAS SOCIALES

Dentro de las consecuencias sociales podemos mencionar que la falla repentina de un recipiente a presión corrolido por dar un ejemplo, puede ocasionar desgracias personales, a demás de que los productos de la corrosión scan nocivos para la salud de los operarios.

Todo esto ya en un plano mayor trae consigo, la desconfianza de los trabajadores, disminución de la producción, cierre de la empresa, despido de miles de obreros; lo cual provocaría un estancamiento Socio - Económico tanto para la empresa como para el país.

Asiendo mención de que la seguridad quiere decir hacer las cosas correctamente, lo cual es meta primordial de toda empresa. Y nos permite recordar el pensamiento de una persona que ha dedicado toda su vida a la prevención de los accidentes, NINGUN TRABAJO ES TAN URGENTE, NI TAN NECESARIO, COMO PARA QUE NO SE PUEDE REALIZAR SIN LA DEBIDA SEGURIDAD..

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En la medida en que la ingeniería se a incrementado en nuestro país, la especialidad dentro de las mas importantes esta la de recipientes la cual presenta un amplio panorama; tomando en cuenta que los recipientes tienen múltiples aplicaciones y que intervienen en toda clase de plantas industriales, independientemente de su capacidad de producción o tipo de proceso.

Dentro de las causas principales que se presentan en un desastre, considero según lo analizado anteriormente y en lo expresado por personal que está directamente involucrado en el servicio de este tipo de recipiente son :

Inadecuada fabricación y montaje de las partes , mala selección del material debido a un alto costo de importación, por lo que algunas veces se llega a utilizar materiales comunes que no reúnen los requisitos establecidos por código ASME Secc. VIII Div. 1; y por último la falta de un programa estricto de mantenimiento preventivo en el cual se detecten a tiempo todos aquellos defectos que se generen en servicio; esto aunado a la sobre explotación de su vida útil del mismo.

Por lo que se sugiere que el personal involucrado en la inspección y mantenimiento de los recipientes tengan la capacitación adecuada, acorde a su especialidad.

Por otro lado en base a las experiencias que nos ha tocado de alguna manera vivir, observar u oír, recomiendo que las plantas en donde se haga uso de estos tipos de recipientes se reubiquen en zonas poco pobladas, para que con esto se pueda cumplir con los reglamentos de seguridad establecidos por PEMEX y SEMIP (Secretaría de Minas e Industria Paraestatal).

Tanto a empresas de gobierno como privadas.

Proponiendo que los departamentos encargados de la supervisión a plantas con recipientes a presión; inspeccionen y revisen al 100% las condiciones en que se encuentran sus instalaciones y en caso de que éstas estuvieran en malas condiciones y dando un servicio inadecuado reportarlo a las autoridades correspondientes, llegando así si lo requiriera hasta la clausura de la planta.

Un punto importante que se hace en este estudio es el proceso de inspección durante o a lo largo de todo el proceso de fabricación del recipiente a presión; con el objeto de certificar que estos equipos cumplen con todas las especificaciones de diseño e ingeniería que reglamentan rigen su construcción. Todo esto para garantizar que los recipientes sean enviados a campo listos para su instalación y operación en las plantas de proceso que tengan como destino.

Así mismo evitar elevados gastos de reparación en campo, rechazo de los equipos al fabricante; en caso de no poder efectuar las reparaciones convenientes en el lugar de su instalación, retraso en los tiempos de entrega establecidos de origen, interrupción en el proceso por causa de falla durante su instalación y operación. Sobre todo reduciendo de esta manera las grandes pérdidas que se le generan en caso de desastre al país, siendo éstas en orden de importancia; pérdidas sociales y económicas.

Por último hago énfasis en que debido a la gran demanda de la construcción de plantas generadoras de algún producto energético y a la gran utilización de los diversos tipos de recipientes; cada vez se requiere de que todas las personas que estén involucradas en el diseño, fabricación y servicio de estos equipos, sean más conscientes de que en todo momento y en cualquier lugar el prevenir cualquier tipo de falla puede ser nuestro seguro de vida.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- DEFECTOS Y ROTURAS EN RECIPIENTES A PRESION Y TUBERIAS
THIELSCH, HELMUT.
EDITORIAL URMO.
PRIMERA EDICION, 1969

- 2.- ASOCIACION AMERICANA DE INGENIEROS MECANICOS "ASME"
(AMERICAN SOCIETY OF MECANICAL ENGIENEERS) . 1986

- 3.- ASOCIACION AMERICANA PARA PRUEBAS Y MATERIALES "ASTM "
(AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS)
BOILER AND PRESURE CODE
SEC. II MATERIALS
SEC. V PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS
SEC. VIII DIV. I . 1988

- 4.- SELECCION Y APLICACION DE LOS MATERIALES EN LA INDUSTRIA
PETROLERA.
SEMINARIO DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
GERENCIA DE TECNOLOGIA DE MATERIALES. FEBRERO 1987

- 5.- ENSAYOS E INSPECCION DE LOS MATERIALES EN INGENIERIA
DAVID. HARMER. E.
EDITORIAL C.E.C., S.A.
SEGUNDA EDICION, 1967.

- 6.- CIENCIA DE LOS MATERIALES (TEORIA, ENSAYO Y TRATAMIENTO DE LOS MISMOS)
COCA, REBOLLEDO P.
EDITORIAL COSMOS.
SEPTIMA EDICION, 1976.
- 7.- PRESSURE VESSEL DESIGN HANDBOOK
BERNARD, HENRRY.
VAN NOSTRADAND, REINHOL COMPANY, 1981.
- 8.- LA CORROSION EN LA INDUSTRIA PETROLERA
GERENCIA DE REFINACION SUPTICIA. GRAL. DE INSPECCION Y SEGURIDAD
(PEMEX).
- 9.- ACEROS Y ALEACIONES (PROPIEDADES, APLICACIONES Y SOLDABILIDAD)
FIGUEROA RUANO C.
GRAFICA TURRILES, S.A. DE C.V.
PRIMERA EDICION, 1984
- 10.- CUERPO REGIONAL " METALURGIA DE LA SOLDADURA DEL ACERO "
INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO.
GERENCIA DE TECNLOGIA DE MATERIALES.
NOVIEMBRE DE 1986.
- 11.- REGLAMENTO, TIPO DE SEGURIDAD DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES
OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. 1976