



Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Química

---

---

COMPARACION DE CODIGOS PARA  
EL DISEÑO DE RECIPIENTES

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N  
LETICIA PEREZ MARTINEZ  
JOSE LUIS YAÑEZ LOPEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

Tesis 1977  
#BO M-328  
#ECHA  
#RGC



U. N. A. M.  
FACULTAD DE QUIMICA  
BIBLIOTECA

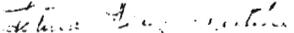
Jurado asignado  
originalmente  
según el tema

PRESIDENTE: PROF. CARLOS DOORMANN MONTERO  
VOCAL: PROF. JORGE MARTINEZ MONTES  
SECRETARIO: PROF. ALFONSO FRANYUTTI ALTAMIRANO  
1er. SUPLEN  
TE PROF. JOSE FCO. GUERRA RECASENS  
2do. SUPLEN  
TE PROF. GRACIELA MARTINEZ ORTIZ

Sitio donde se  
desarrolló el  
tema:

**BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE QUIMICA Y  
LA BIBLIOTECA DEL INSTITUTO MEXICANO DEL  
PETROLEO**

Nombre y Firma  
del sustentante

  
LETICIA PEREZ MARTINEZ

Nombre y Firma  
del sustentante

  
JOSE LUIS YAÑEZ LOPEZ

Nombre completo  
y Firma del Ase-  
sor del tema.

  
ING. QUIM. CARLOS DOORMANN MONTERO

A mis Padres

A quien debo todo

Sr. Rubén L. Pérez Cobos

Sra. Ma. Cristina Martínez de Pérez

Como un humilde homenaje.

A mis Hermanos

Ing. José Bristáin Pérez y

María Teresa Pérez de Velarde

A toda mi familia.

Con gratitud a mis Padres

Sr. José Yáñez Reyes  
Sra. Juana López de Yáñez  
Por su esfuerzo y sacrificio.

A mis Hermanos.

A mis Familiares.

A nuestros Maestros.

A nuestra Escuela

A todas aquellas personas  
que en algún momento nos  
ayudaron a seguir adelan-  
te.

Con profundo respeto  
y admiración al Ing.  
Carlos Doorman por -  
su valiosa dirección  
y asesoría en el de-  
sarrollo de este Te-  
sis.

Al Honorable Jurado.

Agradecemos la valiosa  
ayuda así como los di-  
ferentes consejos, que  
nos fueron de gran va-  
lía para este trabajo,  
a los ingenieros de --  
las siguientes empre--  
sas.

Industria del Hierro  
Campos Hermanos S.A.  
Babcock & Wilcox

Agradecemos infinitamente  
los consejos y asesoría -  
de un gran hombre que en  
cualquier momento supo --  
oirnos y ayudarnos al Sr.  
Ing. Jesús Vargas Cuevas  
Presidente de la AMIME.

# I N D I C E

	Página
I.- INTRODUCCION	1
1.- Objetivo	1
2.- Estudio de los Códigos	3
3.- Elección de los Códigos a estudiar	23
II.- MATERIALES	25
1.- Plan para la Selección de Materiales	25
2.- Análisis del Acero	26
a).- Procesos de Fabricación o Aceración	27
b).- Características de calidad e influencia de algunos elementos químicos.	28
c).- Efecto de las Aleaciones en el Acero Inoxidable.	31
d).- El porqué de la División de los Aceros.	33
3.- Influencia de los Códigos de Diseño en los Materiales.	34
4.- Normalización de los Materiales.	36
a).- Qué es la Normalización y Norma.	36
b).- Ventajas de la Normalización.	
5.- Recomendaciones para el uso de los diferentes Aceros.	37
6.- Comparación de la Presentación de las tablas de los valores de esfuerzos de Diseño Admitidos.	40
7.- Aceros más utilizados en la Construcción de Recipientes a Presión.	54

	Página
8.- Aceros más usados y fabricados en México.	55
9.- Comparación entre los Aceros para Recipientes a presión Estados Unidos, Europa y Japón.	56
a).- Influencia de los Códigos de Diseño.	
b).- Aceros al Carbón.	
c).- Aceros de alta Resistencia.	
d).- Propiedades a temperaturas elevadas.	
e).- Ductibilidad de corte.	
f).- Aceros para operaciones a temperaturas abajo de 0°.	
g).- Aceros ferríticos Aleados.	
h).- Exámenes de Aceptación, datos apropiados del Material y Control de Calidad.	
i).- Exámenes Ultrasónicos.	
j).- Costos.	
10.- Economía de los Metales para recipientes a presión.	73
11.- Desarrollos futuros. Aceros Revestidos.	78
12.- Conclusiones.	81
 III.- DISEÑO	 83
1.- Seguridad en el diseño.	83
2.- Comparación de las fórmulas para recipientes Esféricos sujetos a Presión.	85

- a).- Introducción.
- b).- Esfuerzos admisibles.
- c).- Factores de Seguridad.
- d).- Estudio de la gráfica Comparativa de esfuerzos admisibles de los diferentes Códigos.
- e).- Gráficas Comparativas de Diseño.

3.- Aplicación y Comparación de las Fórmulas en problemas tipo a Presión Interna. 107

- a).- Recipientes Cilíndricos.
- b).- Recipientes Esféricos.

4.- Comparación de las Fórmulas y Métodos de Recipientes sujetos a presión externa. 126

5.- Estimación del Peso de los Recipientes a Presión. 132

6.- Política de Ingeniería. 133

7.- Conclusión. 136

IV.- FABRICACION 137

1.- Aspectos Generales de Construcción. 137

a).- Esquema Completamente dimensionado.

b).- Identificación del Material.

2.- Corte, Moldeado y Tolerancias. 138

3.- Uniones Soldadas. 139

a).- Soldadura de electro Escoria

b).- Acero Inoxidable en Estructuras Soldados.	
c).- Procedimiento del tratamiento de calor Post-soldadura.	
4.- Refuerzo de Aberturas.	179
5.- Dispositivos de Alivio de Presión.	180
6.- Diagrama de flujo de la secuencia de fabricación de un recipiente a presión.	181
7.- Fabricación de Unidades grandes.	183
a).- Facilidades de Taller.	
8.- Adelantos en Japón.	185
a).- Ejemplo ilustrativo de un recipiente grande hecho en Japón.	
b).- Nuevos adelantos en Japón.	
9.- Costos de Soldadura. Ejemplo ilustrativo.	188
10.- Costos de Fabricación.	191
11.- Control de Calidad.	198
V.- INSPECCION Y PRUEBAS	200
1.- Inspección y examen. Requerimientos comunes inspección.	200
2.- Inspección y exámenes de soldadura.	202
a).- Generalidades.	
b).- Revisión del procedimiento de Soldadura.	

	Página
c).- Revisión de la calificación de <u>Opera</u> <u>dores y soldadores.</u>	
d).- Remisión de la <u>Práctica del Trata---</u> <u>miento de calor Post-Soldadura.</u>	
e).- <u>Técnicos para examinación Radiográfi</u> <u>ca juntas soldadas.</u>	
f).- <u>Examinación por puntos de Juntas Sol</u> <u>dadas.</u>	
3.- Pruebas de presión.	207
a).- Presión de prueba Hidrostática.	
b).- Examen Neumático.	
c).- Exámenes Manométrico.	
d).- Exámenes Herméticos de 'Gases.	
4.- Fracturas por Agrietamiento.	212
a).- Pruebas de Impacto.	
5.- Fatigas del Metal.	213
6.- Pruebas no destructivas. Generalidades.	211
a).- Examinación Radiográfica.	
b).- Examinación <u>Últrasónica.</u>	
c).- Examinación por <u>Partícula Magnética.</u>	
d).- Examinación por líquido penetrante.	
7.- Costo de Pruebas.	216
8.- Cuidado de los Recipientes a Presión.	216

	Página
VI.- MEXICO EN RELACION CON LOS OTROS PAISES EN CUANTO A TECNOLOGICA.	220
1.- Materias Primas para la Industria Siderúrgica en México.	220
2.- Importación Nacional de Materias Primas - para la Industria Siderúrgica y Productos Siderúrgicos.	226
3.- Tecnología utilizada en México para la -- Construcción de Recipientes a Presión.	227 ✓
4.- Puntos de vista del Sector Fabricante.	233
5.- ¿Qué es la AMIME-ASME?	240o
a).- Historia de la cooperación AMIME-ASME.	
b).- Ultimas Actividades.	
6.- ¿Qué es el Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Siderúrgica?	242
CCNNIS	
7.- Soldadura en México.	(249)
8.- Conclusiones y Recomendaciones Generales.	253
VII.- ANEXO.	263
a) Definiciones	
b) Fotografías	
c) Tabla de Conversiones	
d) Bibliografía	

## 1.- INTRODUCCION

### 1.- OBJETIVO

La ingeniería Química involucra la aplicación de las ciencias a los procesos industriales los cuales están primariamente relacionados con la conversión de un material en otro por medios físicos y químicos. Estos procesos requieren del manejo y almacenamiento de grandes cantidades de materiales en recipientes de construcción variada, dependiendo del estado de los materiales, sus propiedades físicas y químicas, y la operación requerida que ha de ser efectuada. Para el manejo de gases y líquidos, se usa un "recipiente" Los recipientes son la parte básica de la mayoría de los tipos de equipos de proceso. La mayoría de las unidades de equipos pueden considerarse a ser recipientes con varias modificaciones necesarias para capacitar a la unidad para que efectúe las diferentes funciones requeridas. Por ejemplo, un autoclave puede considerarse como un recipiente de alta presión equipado con mecanismos de agitación y calentamiento; Una columna de destilación que contiene. Una serie de placas para el contacto vapor líquido; los cambiadores de calor pueden considerarse como un recipiente a presión acondicionado para la transferencia de calor a través de las paredes de los tubos; así mismo también se puede considerar a un evaporador como recipiente.

Sin considerar la naturaleza de la aplicación del recipiente, usualmente varios factores deben considerarse en el diseño de la unidad. Las consideraciones más importantes siempre son la selección del tipo de recipiente que efectúe el servicio requerido en la forma más satisfactoria. En el desarrollo del diseño diferentes criterios deben considerarse, tales como las propiedades del material usado, los esfuerzos inducidos, la estabilidad elástica, y la apariencia estética de la unidad. El costo del recipiente es también importante en relación a su servicio y su tiempo de vida útil.

Los Ingenieros químicos rara vez se involucran con los detalles del diseño de recipientes a presión, pero sí, participan siempre en los aspectos generales del diseño. Entre estos aspectos generales se tiene la elección del material de construcción y de aquí el interés en la comparación del costo de tales materiales, otro aspecto son los cálculos del diseño sin introducirse tanto en los detalles mecánicos del recipiente, éstos cálculos se refieren a la aplicación de diferentes fórmulas para obtener espesores de envolvente que relacionado con el tipo de material que se haya elegido va a ser un factor bastante determinante en el costo del recipiente, dentro de los aspectos de construcciones interesa la soldadura y sus técnicas de aplicación en la unión de las partes componentes del recipiente, e inspecciones durante el período de construcción y al finalizar para asegurar que los materiales, la construcción y las pruebas cumplen con los objetivos para lo cual son destinados, dichos recipientes. Para la fabricación de éstos recipientes en nuestro país ya sea que se utilice Ingeniería propia o bien que ésta sea adquirida en el exterior, siempre requeriremos de un criterio técnico con el cual se pueda juzgar la idoneidad del diseño en cuestión y lo que en última instancia resulta ser fundamental, la seguridad del mismo a las condiciones de operación.

Intencionalmente se ha usado el término "Criterio" ya que un código para recipientes a presión debe ser más que una colección de fórmulas o disposiciones, un sistema articulado y coherente de normas que cubran todos los aspectos de la construcción, desde el análisis para determinar las dimensiones del equipo, hasta la auditoría de los procedimientos con que se garantizará su calidad incluyendo el control de la materia prima y los dispositivos mínimos de seguridad a instalarse.

Oh sea que este criterio es la base para el diseño de recipientes y es lo que llamamos Código, ahora de aquí nace la inquietud de nuestra tesis:

"Estudiar y analizar los criterios propios de cada

Objetivo de la tesis

Código, compararlos entre sí para conocer la filosofía de cada uno de ellos, ver la situación en nuestro país, así mismo ver que tan benéfico sería la adaptación de un mejor criterio y su factibilidad".

## 2.- ESTUDIO DE LOS CODIGOS:

Cada país tiene sus propias leyes, standars y Códigos para el diseño de recipientes a presión destinados para aplicarse en plantas químicas. Establecida la operación, la protección de los intereses del usuario, la confiabilidad de la seguridad pública y el establecimiento de ambientes seguros de trabajo para trabajadores y operadores son los principales propósitos de dichos requerimientos regulatorios.

El Ingeniero dentro y fuera de su país encuentra dificultad para el diseño de recipientes a presión que serán usados en otros países.

Ya que cada país tiene sus propias tradiciones, hábitos, lenguajes y Códigos, el ingeniero deberá cumplir con los diversos códigos y leyes locales.

A continuación se dá una guía descriptiva de los Códigos existentes para iniciar un acercamiento a la comprensión de sus criterios más generales, para lograr el propósito que nos hemos fijado de visualizar los más representativos, y de aquí partir para la selección de algunos de ellos.

Guía descriptiva de los diversos Códigos para recipientes a presión.

### JAPON:

Las regulaciones, los códigos y standars en Japón para recipientes a presión antes del final de la 2da. Gué-

rra Mundial, generalmente seguían las reglas y standar de Alemania. Todas las industrias Japonesas incluyendo las - industrias Mecánica, Eléctrica y Química fueron completamente distribuidas por la guerra.

Después de unos cuantos años de inactividad total, - la industria comenzó a reponerse por si misma y la producción de recipientes a presión alcanzó la escala comercial alrededor de 1950.

En 1951 y 1952 una intensa política internacional para la rápida expansión de la Industria Japonesa se desarrolló. Los Estados Unidos suministraron ayuda financiera para fortalecer el desarrollo.

Esto inició los acuerdos de Licencia entre los fabricantes de Estados Unidos y de Japón. Algunas firmas Japonesas desecharon las licencias acordadas con fabricantes Alemanes. Desde entonces, Japón ha estado siguiendo el -- nuevo desarrollo de tecnología de Estados Unidos en los - Países Europeos.

La industria Japonesa ha estado desarrollándose en - un ambiente bien balanceado. Aceros más modernos y eficientes aseguran el suministro de materiales de alta calidad tales como placas en concordancia con los requerimientos precisos.

Los fabricantes han estado preparando buenos técnicos e ingenieros de diseño, tanto como la producción lo facilite, lo cual supera en mucho con respecto a los de los - licenciadores de Estados Unidos.

En los días actuales, los fabricantes Japoneses están operando con facilidades de producción dentro de la - más moderna Ingeniería de Producción especialmente, lo -- que respecta a la Tecnología de Soldadura.

Los Códigos y Regulaciones para recipientes han sufrido cambios muy radicales con el desarrollo.

Alrededor de 1955, vastantes fabricantes de recipientes compitieron con otros para adquirir las tecnologías más modernas en el diseño y fabricación de recipientes, - el modelo original (prototipo) del Japanese Industrial -- Standar (JIS) gobernó el diseño y construcción de reci--- pientes, fué establecido por una junta de gobernantes, -- universidades, laboratorios y fabricantes de recipientes. Este se ha ido revisando y modificando de tiempo en tiempo y los contenidos generalmente siguen lo del Código ASME.

Detrás del JIS, existen códigos de construcción in-- dependientes, para asegurar la seguridad en el curso de - la fabricación, levantamiento, operación y mantenimiento de recipientes industriales.

Estos códigos han sido establecidos en base a una -- ley para asegurar Standars e higienes seguras para los -- trabajadores de las fábricas de las diferentes industrias donde su ejecusión ha estado a cargo del Ministerio de -- Trabajo. En Japón, las "Leyes Standar del Trabajo" (Regulaciones seguras para recipientes a presión y calderas), "Control de Leyes para Gas a alta presión" (Regulaciones y Standar de Seguridad Generales regulados para Gas a Alta Presión), son normalmente aplicadas para dichos propósitos.

El contenido de estos códigos es virtualmente el mismo que el JIS y abarca Standars para la autorización de - las instalaciones por el gobierno para los tipos de recipientes como se especifiquen en la Sección I del ASME.

Las Técnicas de diseño y fabricación han cambiado -- significativamente desde que el Código ASME Sección VIII Div. 2. fué establecido. En Japón, fué revisada bajo el - esfuerzo de la Junta de Agencias gubernamentales y de la industria privada, el resultado de éste esfuerzo fué el - JIS B 8243 1975 (Construcción de Recipientes a Presión) - que se publicó el 1o. de Octubre de 1975, además de otros Standars técnicos.

BELGICA:

El ministerio de trabajadores es responsable en Bélgica para controlar la adherencia de recipientes a presión para el "Código General para la protección de los trabajadores".

Este Código concierne solamente la seguridad para el diseño y fabricación, los fabricantes se referirán a los Códigos N.B.N. No. 121 y se relacionan a los Standars N. B.N. desarrollados por la Asociación de Standarización de Bélgica con el aval de los fabricantes, usuarios y asociaciones de inspección.

La inspección de recipientes es efectuada, entre otros, por la "Asociación VINCOTTE", 1640 Rhodes St. Geneve y la A.I.B., Anderghen, Bruxellen 16,29 Au. Andre Drovart. Los recipientes que se importan en Bélgica pueden fabricarse con cualquier código nacional.

Códigos de Bélgica: N.B.N. Code de Bonne Pratique Pour la Construction Soumis a Presión (1950 Edición) se publica por el Instituto Belga de Normalización, Au. de la Brovon conne 29, Bruxelles 4, Estatutos legales: No requeridos por la ley. El Código cubre el diseño de fabricación, requerimientos de Seguridad y examinación para recipientes a presión.

Este también incluye recomendaciones para una buena construcción práctica. No se incluye en el Código, en concordancia con las reglas oficiales, para recipientes que tienen una capacidad menor de 300 lt. o presión de diseño más baja de 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>. Las fórmulas de cálculos se basan sobre la resistencia a la tensión a la temperatura de diseño dividida por un factor de seguridad de 4.

FRANCIA:

Los recipientes a presión en Francia están sujetos a un número de regulaciones oficiales, conjuntados por A.



pientes a presión. Contienen también guías para la buena fabricación y práctica del diseño. Para el cálculo está basado en la última edición del Código de Cálculos C.N.C.T.

Código C.N.C.T. de Calcul des Appareils a' Pressión (edición 1969) es publicado por S.N.C.T.T.I. Estatuto Legal: no requerido por ley. Este Código incluye 7 capítulos concernientes a los métodos del cálculo para presiones internas y externas y para cargas diferentes a la presión.

En cada capítulo hay comentarios que explican el contenido teórico de los métodos de cálculo.

#### ALEMANIA OCCIDENTAL:

Las reglas oficiales en Alemania difieren de acuerdo a si el recipiente es estacionario o móvil. Los recipientes estacionarios están codificados bajo el U.V.V. "Reglas para la Prevención de Accidentes", V.6B.17 establecida por la Asociación de fabricantes profesionales.

Las regulaciones para recipientes móviles están resumidos en el Código T.G.V. (Druch gasverordnung). T.UV. (Teschische uberwachung verein) en el código autorizado para encararse a las reglas referidas para recipientes a presión estacionarios y móviles. Para recipientes a presión estacionarios muchas de las reglas para el diseño, aceptación de materiales fabricación e inspección están incluidos en las Hojas-A.D. y en los Standars-DIN. Las reglas de diseño para calderas están incluidas en la T.R.D. ó Reglas Técnicas para Calderas.

Los Standars U.V.V., A.D. Merchblatt T.R.D. y D.I.N. Standar están considerados como requerimientos mínimos T.UV. pueden requerir exámenes adicionales o análisis de diseño, tan grandes como ellos lo consideren necesario para la estabilidad del recipiente.

Códigos: U.V.V.) Un fallver Hutunggvorschrift Druch-behalter) es publicado por Carl Heymanns Verlag K.G., Esta tuto legal: no es requerido por la ley.

El Código da las reglas generales para recipientes a presión estacionarios. Los recipientes que tienen una capacidad más baja de 10 lt. o una presión de diseño en Kg/cm<sup>2</sup> multiplicada por la capacidad en litros menor de 10, o una presión de diseño más baja de 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> y capacidad entre 10 y 1000 lt. no están sujetos por el Código.

A/D/ Merheblatt es publicado por Carl Heymanns Verlag K.G., Koln 1, Gereonstrase 1832 (Una traducción al inglés es disponible). Estatuto legal: requerido por la ley. Este Standar incluye:

Series - 6	General
Series - A	Accesorios
Series - B	Regulaciones de Diseño
Series - H	Soldadura
Series - W	Materiales

Cada sección sola puede revisarse independientemente de las otras, por lo tanto, es importante conocer la última revisión de cada juego antes de que un diseño sea emp<sup>z</sup>ado.

Los cálculos se basan en un factor de seguridad de - 1.5 para la resistencia a la cedencia o del 0.2 % de la - elongación permanente (1 % de la elongación permanente -- puede adoptarse para aceros austeníticos).

Para temperaturas que involucran el fenómeno de de--formación prolongada el esfuerzo admitido está también li--mitado por el esfuerzo promedio ausente del 1 % de la --- elongación en 100,000 horas y por el esfuerzo promedio -- causante de la ruptura en 100,000 horas dividido por 1.5.

ITALIA:- A.N.C.C. (Associazione Nazionale Controllo Com--bustione) Es el cuerpo Oficial establecido por el gobier-

no para el control de los recipientes a presión en Italia. Los recipientes para ser transportados están sujetos a una adición de la A.N.C.C., para el ministerio de transportación:

El Código básico para recipientes a presión fué editado en 1927. Este Código fué subsecuentemente modificado e integrado para tomar cuidado del avance tecnológico en el campo. Todas las regulaciones nuevas están publicadas en la revista de la A.N.C.C. "IL CALORE" y desde 1970 en el periódico oficial de la A.N.C.C. "Notiziario A.N.C.C."

El fabricante es requerido para sujetarse a los planos del recipiente para la aprobación de la A.N.C.C. para materiales no considerados en el Código o tipos especiales de recipientes, la A.N.C.C. puede aceptar el diseño propuesto por el fabricante o especificar requerimientos adicionales.

Los recipientes a importarse en Italia deben cumplir con el código A.N.C.C. En este caso el estampado e inspección pueden efectuarse por la autoridad de control local si es autorizada por ANCC.

Códigos: Código de recipientes a presión A.N.C.C. -- (Controllo della Combustione Apparecchia Pressione), Vol. I Fabricación y examinación (ed. 1970) es publicado por G. Pirola. Via Comelico 24, 20135 Milan. Estatuto legal: - Requerido por ley.

Este código cubre diseños mecánicos, criterios para la aceptación de los materiales, fabricación, inspección, examinación y dispositivos de seguridad para todos los recipientes a presión que contienen gases o líquidos a una temperatura mayor que la del punto de ebullición a presión atmosférica. Los recipientes que tienen una presión de diseño más baja de 0.05 Kg/cm<sup>2</sup> o una capacidad menor que 25 litros se excluyen del código.

Los esfuerzos de diseño para recipientes a presión están basados en el punto de cedencia o 0.2% del esfuerzo

de prueba (1% para aceros inoxidables austeníticos) con un factor de seguridad de 1.5. En el rango de la deformación prolongada los factores son 1.5 para esfuerzos de ruptura en 100,000 hr. y 1.0 para 1% de deformación prolongada en 100,000 hr.

El código incluye decretos y circulares gubernamentales que han aparecido en un período de tiempo comensando desde el establecimiento del A.N.C.C. en 1926 hasta la actualidad.

Los más importantes de ellos son:

.Decreto Real 824 para recipientes y calderas (edición 1927).

.PNR, nuevas regulaciones para cálculos de resistencias de recipientes a presión. (1933).

.Criterios para la aceptación de materiales (edición 1952, supervisada por Raccolta M).

.Regulaciones para cálculos de resistencias de calderas de vapor (1965, supervisadas por Raccolta VSG).

.Especificaciones de soldad una (Spec. A para aceros al Carbon; Spec. B para aceros ferríticos de baja aleación; Spec. C para aceros 7- 13% Cr; Spec. D para servicios a bajas temperaturas). El código esta sujeto a una reorganización básica siguiendo el criterio general del nuevo código recipientes a presión ISO/TCH.

El nuevo Código incluirá las sig. Secciones:

V.S.G.: Cálculo de Resistencia de calderas de vapor.

V.S.R.: Cálculo de Resistencias de Recipientes a Presión.

M.: Criterios para la aceptación de materiales.

S.: Soldadura.

E.: Seguridad de Operación.

Las Secciones V.S.G. y M (Edición 1970) han sido publicadas y se tienen disponibles en la A.N.C.C., vfa Urbana 167, Roma.

### HOLANDA:

Un servicio gubernamental "Dienst voor het Stoomwesen" Stadd houderslaan 102, Den Haag es responsable para las calderas de vapor de agua y de vapor en los países bajos. Dichos aparatos requieren un permiso oficial antes de ser admitidos para ponerse en servicio.

Este permiso será entregado por "Dienst Voor het Stoomwesen" en las bases de inspección y ejecución de exámenes para tales servicios.

Para otros tipos de recipientes a presión, ninguna ley oficial existen aún, pero todos los recipientes a presión están sujetos a los requerimientos Stoomwesen.

Las reglas establecidas llamadas (Grondslagen) son la base para el diseño, fabricación e inspección de recipientes a presión. Estas reglas son editadas por la "Dienst voor het Stoomwesen" y son continuamente revisadas para mantenerse a la par con el desarrollo tecnológico y la experiencia de servicio. Código: Las reglas Grondslagen para materiales y construcción de calderas de vapor, aparatos de vapor y recipientes de presión (incluyendo A. K.V., A.B.G., V.B.R., V.K.R.). Estas se publican por Staatsdrukkeri, (Una traducción al inglés es disponible del Instituto británico de Standar). Estatuto legal, requerido por la ley solamente para calderas y aparatos de vapor. Este Código contiene requerimientos de diseño extensos y completos incluyendo métodos para el cálculo de juntas de expansión, espejos para cambiadores de calor, esfuerzos debidos a los soportes del recipiente.

No están incluidos en el Código los recipientes que contienen vapor cuando la presión es menor de 3 Kg/cm<sup>2</sup>. o el producto de la presión en Kg/cm<sup>2</sup> y el volumen en litros es menor de 200, y para todos los recipientes bajo vacío.

En general los esfuerzos de diseño están basados en el punto de cedencia con un factor de seguridad de 1.5 y la resistencia a la tensión a temperatura ambiente con un factor de seguridad que varía de 2 a 2.25.

Una nueva edición del código aparecerá en 1972; ésta edición será bilingüe e incluirá varias experiencias.

#### ESPAÑA:

Los recipientes a presión en España están sujetos a regulaciones gubernamentales aparecidas en 1969.

Estas regulaciones, las cuales se ponen junto con el Código de "Recipientes a Presión", son generales y no incluyen fórmulas o criterios de diseño para la evaluación de los esfuerzos admisibles. El diseño, es seguido por el fabricante quien aplicará cualquiera de los Códigos conocidos.

El Código ASME y los Standards A.D. Mercklatt son ampliamente usados. Oficiales gubernamentales verificarán los documentos de diseño remitidos por el fabricante y revisarán el cumplimiento contra las regulaciones básicas oficiales, antes del estampado del recipiente.

Código: El reglamento-Recipientes a presión es publicado por el ministerio de industria, Madrid. Este código cubre recipientes estacionarios y recipientes para transportación de gases, excepto. Aquellos que tienen una presión de diseño más baja de 1 Kg/cm<sup>2</sup> manométrica. El sello y las presiones hidrostáticas de examen son predeterminadas para recipientes diseñados para la transportación de diferentes tipos de gases.

SUECIA:

La junta Nacional Sueca de Seguridad Industrial (W. P.D.) y sus cuerpos subordinados supervisan la adherencia a la Acta de Protección de los Trabajadores. Esta acta -- contiene reglas generales solamente y se completan por re regulaciones especiales para cada campo (tales como reci--- pientes a presión). Las regulaciones detalladas conside-- ran materiales, fabricación, inspección, supervisión, --- etc. Son establecidas por la Junta de Seguridad Indus---- trial, en la base de los propósitos preparados por la Co-- misión de Recipientes a Presión Sueca (Tryckkarlscom mis-- sionem). Esta comisión es por lo tanto, el cuerpo técnico de contacto para información sobre los Códigos. Junto con los Códigos principales de recipientes a presión, hay --- otros Códigos, cada uno de los cuales cubre un tipo de re cipiente (tales como botellas de gas, etc.). Los últimos códigos se refieren al código principal para las regula-- ciones básicas.

Códigos: Código de Recipientes a Presión Cálculo de la Resistencia de Recipientes a Presión (edición 1967 más un suplemento de 1969) es publicado por Tryckharls Kommis-- sionem, IVA, P.O. Box 5073, S. 10242 Stockholm 5 El pre-- cio es 85 Sw. Crs. (Swedish Edición) y 100 Sw. Crs. (Edi-- ción Inglesa). Estatuto legal: obligatorio (aprobado por W. P.D.).

El Código cubre todos los recipientes a presión sin exceptuar a los especificados para baja presión o capaci-- dad. Las principales fases del Código los cuales incluyen comentarios que justifican la base teórica de los cálcu-- los, son: (1 esfuerzos admitidos basados en límites elás-- ticos divididos por 1.5, (2 regulaciones especiales para aceros inoxidable austeníticos, los cuales permiten para tomar ventajas substanciales de las características es--- fuerzo esforzamiento de dichos materiales. Con algunas -- restricciones, el Código permite 50% más alto de esfuer-- zos que los ordinarios, ningún acero austenítico (facto-- res de seguridad iguales a los basados en el 0.2% del es-

fuerzo de prueba.

### INGLATERRA:

La operación segura de los recipientes a presión es responsabilidad de los usuarios. Los usuarios por lo tanto descargarán los requerimientos en Compañías Aseguradoras para el diseño, fabricación e inspección.

Las Oficinas Asociadas del Comité Técnico (A.O.T.C.) 14 S. Mary's Parsonage, Manchester 3 and Lloyd's Register Industrial Services, Norfolk House, Croydon son Compañías de Seguros técnicos bien conocidos.

Los Códigos son preparados por el Instituto Británico de Standars a través de diversos Comités Técnicos consistentes de representantes de departamentos gubernamentales, organizaciones científicas e industriales. Están destinados como guía para el acuerdo entre el comprador y el fabricante. Para recipientes a ser importados, los planos del diseño serán aprobados por la A.O.T.C. o por la Lloyd's.

Códigos: B.S. 1500 recipientes a presión soldados -- por fusión parte 1-Aceros al Carbón y de baja Meación --- (1958) y parte 3 ALUMINIO 1965.

Estos standars cubren el diseño, construcción e inspección de recipientes a presión soldados por fusión para propósitos generales. Los materiales están referidos a -- otras especificaciones tales como B.S. 1501 para placas - de Acero al carbón se excluyen de estos Standars a los recipientes en los cuales la presión interna se debe solamente a la cabeza estática del líquido.

También se excluyen los recipientes hechos de Acero al Carbón o baja Aleación en los cuales el esfuerzo calculado en la costura de soldadura en el punto más delgado - es menor de 2,500 Psi (1.75 Kg/cm<sup>2</sup>) a temperaturas hasta 350°F (177 C°).

Los esfuerzos de diseño se basan en el esfuerzo a la tensión a temperatura ambiente y en los límites elásticos a la temperatura de diseño (similarmente al ASME Sección VIII Div. 1).

B.S. 1515 Recipientes a Presión Soldados, Parte 1; - Aceros al Carbón y Aleados Ferríticos (1965) y la parte 2 Aceros inoxidables Austeníticos (1968).

Este Standar, originalmente desarrollado para recipientes a presión de diseño y construcción avanzados, es generalmente usado ahora para recipientes a presión. Incorpora los métodos para el cálculo de esfuerzos causados por los soportes del recipiente, los cuales son ampliamente usados fuera de Inglaterra. Los esfuerzos de diseño en el rango elástico se basan en el esfuerzo a la tensión dividido por un factor de 2.35 a 2.5 y en el 0.2% del esfuerzo de prueba (1% para los aceros inoxidables austeníticos) con un factor de seguridad de 1.5. En el rango de deformación prolongada los factores son 1.5 en el esfuerzo de ruptura en 100,000 horas y 1 ó 1% de la deformación prolongada en 100,000 horas.

B.S. 5500 "Especificaciones para Recipientes a presión Soldados por fusión no sujetos a Fuego Directo". La primera edición, cubre a los recipientes a presión fabricados de Aceros al Carbón, Aleados Ferríticos y Austeníticos, conteniendo al B.S. 1500 "Recipientes a presión soldados para propósitos generales, Parte 1: "Aceros al Carbón y de baja Aleación" y al B.S. 1515 "Recipientes a Presión Soldados para usarse en la Industria Química, del Petróleo e Industrias Aleadas", parte 1: "Aceros al Carbón y Ferríticos Aleados". y parte 2: "Aceros Inoxidables Austeníticos".

El factor de Seguridad es el mismo que el 1515 ya -- que se utiliza el mismo criterio para el esfuerzo de diseño.

ESTADOS UNIDOS:

## Código ASME.

Este código es para Calderas y recipientes a presión. y está compuesto de 8 secciones principales. Este código ha sido adoptado dentro de la ley por 40 estados y la mayoría de las municipalidades en los Estados Unidos y en todas las provincias Canadienses.

En suma a las 8 secciones, hay subsecciones y 3 suplementos que se publican durante el año, es decir, además. Además, como nuevos problemas surgen, estos se adjudican por el comité responsable una interpretación es publicada. Estos casos de interpretaciones se cubren en un volumen y son suplementadas 6 veces al año. Estas interpretaciones ha través de todas las secciones del código - ASME son vitales para la solución de nuevos problemas los cuales confronta el ingeniero en la cada vez más extensa tecnología de la Industria.

Cada sección del Código tiene un comité establecido el cual evalúa constantemente la nueva información y la retroalimentan a sus secciones particulares del Código para reunir los requerimientos de la industria. Para estos los comités estudian las desviaciones, excepciones, cuestionamiento para las reglas, y los nuevos criterios. Aunque cada sección está establecida como una parte entera por sí misma las diferentes secciones del código son interdependientes. Es muy común que para una sección aparezcan párrafos de referencias o secciones de otras partes del Código un buen ejemplo es la constante referencia por todas las secciones del código a la sección de materiales. Sección II y a la de calificación de soldaduras, sección IX. Muy seguido el lector encontrará condiciones de diseño los cuales son cubiertos por más de una sección del código y que estarán referidos a otras secciones del código para ciertos problemas aplicables.

Aunque el código ASME es muy amplio, la información

contenida proveerá al ingeniero con medios comprensivos de resolución a sus problemas de diseños, suministrando buenas piezas de equipo para sus clientes, y reuniendo los requerimientos de seguridad requeridos por la ley. El código ASME es publicado por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

Los volúmenes son los siguientes:

Sección I - Calderas de fuerza.

Sección II - Especificaciones de materiales parte  
A-Ferrosos.  
Parte B - No ferrosos.

Sección III - Recipientes Nucleares.

Sección IV - Calderas de Calentamiento.

Sección VII - Reglas recomendadas para el cuidado -  
de las calderas de fuerza.

Sección VIII - Recipientes a presión.

Sección IX - Calificaciones de Soldadura.

Para los fines del desarrollo de éste tema a continuación presentamos una breve descripción de las secciones II parte A, Sección VIII Div. 1 y 2, y Sección IX:

#### SECCION II.; Especificaciones de materiales.

Parte A.- Materiales Ferrosos.- Las especificaciones para diferentes materiales para ésta sección del código son idénticas a las de la sociedad americana para la examinación y materiales (ASTM). Por lo que, hay casos donde no hay especificaciones de material correspondiente.

Como lo dice su nombre, esta sección del código cubre a la mayoría de los metales ferrosos los cuales son -

usados en la construcción de recipientes a presión y calderas los cuales son usados en la construcción de recipientes a presión. Esta parte está compuesta en las categorías siguientes:

- A Acero para líneas
- B Acero para tubos
- C Acero para pernos, bridas, conexiones, válvulas y partes
- D Acero para placas, hojas y faldones para recipientes a presión y calderas.
- E Acero estructural
- F Acero para barras y Acero para remaches
- G Acero para materiales de tornillería
- H Acero para forjas
- I Aceros fundidos
- J Aceros resistentes a la corrosión y resistentes al calor
- K Electrodo y varillas para soldadura
- L Fierro fundido y fierro maleable
- M Métodos de examinación

Esta sección suministra un puente entre las diferentes secciones del Código ASME.

### SECCION VIII.- Div. 1 y 2.

Parte Div. 1. La sección VIII del Código se refiere a los requerimientos de diseño, fabricación, examinación, inspección, seguridad y estampado de los recipientes a presión. Contiene los requerimientos para diferentes métodos de fabricación (soldados, remachados, y forjados) y para una variedad de materiales.

La división 1 incorpora esfuerzos de diseño admitidos (para temperaturas abajo del rango de deformación prolongada) basado en el valor más bajo de  $1/4$  del esfuerzo de tensión o  $5/8$  del esfuerzo de cedencia para materiales ferrosos.

## DIVISION 2.

Está destinada para los mismos fines que la división 1 y la diferencia estriba en que la división 2 incorpora esfuerzos de diseño admitidos más altos. Da los límites - de  $2/3$  del esfuerzo de cedencia y  $1/3$  del esfuerzo de tensión para esfuerzos de membrana primarios generalmente, - para temperaturas abajo de el rango de deformación prolongada. Una diferencia importante entre la división 2 y 1 - es el reconocimiento de la fatiga como un modo posible de falla y la provisión de reglas específicas para su análisis.

Otras diferencias que existen son: la división 1, su ministra esfuerzos admisibles en tablas de material y establece fórmulas para el cálculo de espesores. Mientras - que la división 2 combina lo existente en la división 1 y además dá fórmulas para espesores por prueba y error, pero los esfuerzos en cada componente deberán evaluarse --- hasta que los esfuerzos límites sean satisfechos. Para -- ciertos componentes especificados, las fórmulas son dadas para calcular el espesor requerido mínimo para presiones originadas por las cargas.

Aunque la división 2 dá esfuerzos de diseño admitidos más altos, los siguientes factores deberán considerarse por el comprador previamente a especificar la construcción del recipiente por la división 2:

1.- El usuario, o su agente, debe de dar al fabricante una especificación de diseño en la que se establecen las condiciones de operación con detalle suficiente - para la selección del material, diseño, fabricación, e -- inspección del recipiente. Las especificaciones de diseño deben también permitir la evaluación para la posibilidad de un análisis de fatiga en un servicio cíclico o establecer que la fatiga no es un factor. Cuando dicho análisis es requerido, el dueño deberá entonces dar los datos necesarios para un análisis de fatiga. Las especificaciones - de diseño del usuario se requieren para certificarse por un ingeniero profesional registrado y con la experiencia

en el diseño de recipientes a presión.

2.- El fabricante es requerido para certificar que el recipiente terminado tiene todas las condiciones reunidas de las especificaciones de diseño del usuario en conformación con las reglas de la división 2, por ejecución de un reporte de datos del fabricante con cálculos y planos apropiados.

3.- La rugosidad del material en cuanto a sus requerimientos dependerá sobre la temperatura de diseño o de examen, el tipo de material, y el servicio del recipiente. Cuando la división 1 requiere inspección de impacto. Abajo de 20°F, la división 2 puede requerir un material normalizado o examinado al impacto para las temperaturas de diseño más bajas o espesores más grandes.

4.- Las limitaciones están establecidas en los tipos permisibles de juntas de envolvente. Las reglas para el refuerzo de aberturas son similares a la sección III excepto el uso restringido de refuerzos tipo parche que es permitido. Las soldaduras de penetración parcial son solamente admitidos para ciertas boquillas pequeñas sin cargas externas significantes.

5.- El radiografiado de todas las juntas principales de la envolvente es obligatoria. Una inspección adicional de partícula magnética y por líquido penetrante de las orillas cortadas y de las juntas soldadas es especificada.

6.- Los factores de presión de examen para la división 2 son menores que la división 1, siendo 1.25 para el hidrostático y 1.15 para el neumático, pero los esfuerzos intensidades máximos están establecidos y las temperaturas mínimas de metal durante el examen están relacionados a la temperatura de examen de impacto.

## SECCION IX

### Calificaciones de la Soldadura.

Esta sección del código gobierna los procedimientos de soldadura, soldadores, y los operadores de la maquinaria del equipo de soldadura. Tales procedimientos, soldadores y operadores calificados en concordancia con las reglas de ésta sección pueden usarse en la fabricación de recipientes a presión no sujetos a fuego y calderas construidos con el código apropiado ASME y estampado con el símbolo del código apropiado.

Esta sección está dividida en 3 partes: A Requerimientos para la soldadura y materiales ferrosos.

B Requerimientos para la soldadura de materiales no ferrosos.

C Requerimientos para la soldadura con bronce de materiales ferrosos y no ferrosos.

En General, cada sección del código trata de los métodos adecuados de soldadura y construcción de los recipientes en los cuales la sección particular trata. Invariablemente, la sección del código referirá al ingeniero, o diseñador, que sección del código para los requerimientos que deben reunirse. Consecuentemente, la fabricación actual de un recipiente particular caerá necesariamente dentro de los requerimientos que se establecen en ésta sección del código. De todas las posiciones requeridas de soldadura, materiales, exámenes, y formas están establecidas en ésta sección. Como una regla general, si el formato delineado en ésta sección del código es seguido, el ingeniero tendrá una buena pieza de equipo. Adicionalmente, un procedimiento, o soldador, calificado bajo esta sección deberá generalmente satisfacer los diferentes tipos de construcción diferentes a los recipientes.

### 3.- ELECCION DE LOS CODIGOS A ESTUDIAR.

Una vez analizados los diferentes códigos existentes y conociendo el desarrollo tecnológico de los países, hemos elegido los siguientes:

ASME (American Society of Mechanical E. U. Engineers) Código para recipientes a presión y Calderas Sección VIII Div. 1 1974.

Elección: La elección fué hecha debido a que -- los Estados Unidos es el país con uno de los de sarrollos tecnológicos más avanzados debido a -- ello este código es de amplio uso en diferentes países. Otra de las razones se debe a que en Mé xico es utilizada la tecnología Norteamericana. Y una gran ventaja es el idioma en que está escrito.

B.S. (British Standar. Instituto) Inglaterra B.S. 5500 1976.

"Especificaciones para Recipientes a Presión -- soldados por Fusión no sujetos a Fuego Directo"

Elección: Siendo Inglaterra uno de los países -- Europeos con un desarrollo Científico y tecnoló gico bastante amplio y a la facilidad de que és te Código también está escrito en inglés, ya -- que Alemania es otro de los países de bastante adelanto tecnológico pero su Código únicamente se podía adquirir en Alemán descartamos la elec ción de éste Código y tomamos como representan te Europeo al Código Británico.

JIS (Japanese Industrial Standar) Japón JIS B 8243 1975 "Standar para la Construcción de recipientes a presión".

Elección: dado el gran auge industrial y tecnológico en años recientes desarrollado en Japón decidimos elegir al Código Japonés para su estudio. Y además de estar escrito en Japonés también existía la traducción al inglés.

## II.- MATERIALES:

A partir de la tecnología básica, el diseñador inicia sus labores para realizar el diseño, requiriendo primero de los materiales a utilizar.

Aquí surge el 1er. problema ya que al diseñador se le presentan varias alternativas:

1.- Ya sea que el cliente especifique el material a usar y que a juicio del diseñador considere correcta o incorrecta dicha especificación.

2.- Que el diseñador especifique el material a usar en base a las condiciones del proceso dados por el cliente.

A continuación se presenta un plan general que sigue ya sea el comprador o el fabricante para la selección del material.

### 1.- PLAN PARA LA SELECCION DE MATERIALES:

La selección de los materiales está íntimamente ligada con el diseño y selección del equipo propio. Un breve plan es:

#### A.- Selección primaria.

- 1.- Experiencia
- 2.- Datos del fabricante
- 3.- Literatura especializada
- 4.- Literatura General
- 5.- Disponibilidad
- 6.- Seguridad; propiedades mecánicas y físicas
- 7.- Exámenes preliminares por métodos standarizados como revisiones sobre deducciones a partir de la

experiencia literatura y opinión.

B.- Pruebas de laboratorio.

1.- Revalidación de la aparente adecuación de los ma teriales, con piezas de examen incluidas en co-- rridas de laboratorio de los procesos propues--- tos.

C.- Aplicación de los datos y selección final.

1.- Interpretación de los resultados de laboratorio y otros datos en términos de operación de plan-- tas, dando consideración.

- a) Presencia de aire en el equipo
- b) Posibilidad de impurezas
- c) Segregación de constituyentes aleados
- d) Método de fabricación
- e) Evitamiento de electrolisis
- f) Efecto de la temperatura
- g) Efecto del método de calentamiento
- h) Efecto de agitación

2.- Comparación de aspectos económicos de los mate-- riales aparentemente adecuados.

- a) Costo del material
- b) Costo de producción
- c) Vida probable
- e) Costo de producción de degradación

3.- Determinaciones necesarias para el semitrabajo de revisión de los datos.

2.- ANALISIS DEL ACERO

Los materiales más utilizados en la construcción de - recipientes a presión para la industria química son los ma

teriales ferrosos siendo entonces el acero en sus diversas combinaciones los más usados, entre ellos tenemos:

Aceros al Carbón, Aceros al Carbón Manganeso, Aceros de baja aleación, Aceros de alta aleación, y los aceros -inoxidables entre estos los austeníticos.

### DESCRIPCION GENERAL DE ALGUNOS PROCESOS DE FABRICACION -- DEL ACERO Y DE LAS PROPIEDADES METALURGICAS DE LOS ACEROS OBTENIDOS SEGUN DIFERENTES REQUISITOS.

#### a).- Procesos de Fabricación.

En todas las fases de la producción del acero se emplean diferentes prácticas las que determinan la calidad y los tipos del material terminado. La diversidad de los requisitos del acero, según su aplicación, ha causado una diferenciación en calidades y rige las prácticas y precauciones requeridas en la fabricación del acero. Muchas de las características del producto terminado dependen del -proceso de aceración empleado, esto es, el proceso mediante el cual se obtiene el acero en estado líquido, y la manera en que dicho acero líquido solidifica, estas dos etapas de la fabricación del acero se describen a continuación.

#### Procesos de aceración:

Existen 2 grupos generales: ácidos o básicos, según el carácter del revestimiento del horno, así los procesos de hogar abierto, eléctrico o Bessemer pueden ser ácidos ó básicos. Los procesos básicos al oxígeno constituyen -- una aportación reciente a la lista de procesos de aceración y como su nombre lo indica son exclusivamente básicos. La selección de un horno básico o ácido está determinada principalmente por el contenido de fósforo en la materia prima disponible y el contenido permisible del mismo elemento en el producto terminado. El fósforo es un elemento formador de ácidos y en forma de óxido reacciona -- con cualquier base adecuada para formar una escoria en el horno de aceración; en los procesos básicos se utiliza es

te comportamiento mediante la oxidación del fósforo permitiéndole al hierro permanecer en el baño de acero en tanto que el óxido de fósforo ácido es separado por flotación - al combinarse con los fundentes básicos de la escoria.

En los procesos ácidos los hornos son revestidos generalmente con materiales a base de sílice que son de naturaleza ácida y no toleran el uso de materiales básicos como fundentes; debido a que una escoria ácida no tiene afinidad por el fósforo, el acero no puede ser desforforado por adición de fundentes y escorificación y este elemento permanece en el nivel contenido en la materia prima o puede ser concentrado debido a la pérdida de otros materiales en la carga metálica original.

b).- Características de calidad e influencia de algunos elementos químicos; Aceros al carbono.

Estos aceros pueden obtenerse en diferentes calidades según su aplicación; algunas de estas calidades pueden requerir especificaciones tales como tamaño de grano austenítico limitado, descarte específico, prueba de macro ataque, tratamiento térmico especial, cantidad máxima de elementos residuales, composición química restringida o pruebas de inclusiones no metálicas.

Además muchos de los productos tienen calidades especiales para usos específicos que requieren prácticas de fabricación también específicas.

El efecto de los productos comúnmente especificados (C, Mn, P, Si, Cu) es en la práctica de fabricación y en las propiedades del acero al carbono; Es de notarse que el efecto de cada uno de ellos, depende del efecto de los demás y éstas interrelaciones frecuentemente de una naturaleza compleja, deben considerarse como se evalúa un cambio en la composición especificada.

Además debe hacerse notar que a medida que aumentan los elementos especificados y los requisitos restrictivos, decrece la disponibilidad hasta el grado de necesi-

tarse coladas especiales y el material debe ser ordenado por coladas completas.

CARBONO:

*mayor → RESIST. & alta tensión*

A medida que el contenido de carbono de los aceros efervescentes aumenta, disminuye la calidad de la superficie; los aceros calmados, en cambio tienen superficies -- más pobres de los grados de carbono más bajos. El carbono tiene una tendencia moderada a segregarse dentro del lingote y debido a su mayor efecto en las propiedades, la segregación de carbono es frecuentemente de mayor importancia que la segregación de otros elementos; es el principal elemento endurecedor en todo acero. La resistencia a la tensión en la condición tal como sale del molino aumenta en el acero a medida que el contenido de carbono aumenta hasta alrededor de 0.85%. La ductilidad y la soldabilidad decrecen con el incremento de carbono.

MANGANESO:

*→ mayor (-)*

Tiene una tendencia menor a segregarse dentro del lingote que cualquiera de los elementos comunes. Los aceros con más de 0.60% de manganeso no pueden hacerse fácilmente efervescentes. El manganeso es benéfico para la calidad de la superficie en todos los rangos de carbono --- (con excepción de los aceros efervescentes de extremadamente bajo carbono) y particularmente en los aceros de alto azufre, aumenta la resistencia y la dureza en menor -- grado que el carbono y este aumento depende del contenido de carbono. Incrementando el contenido de manganeso decrece la ductilidad y la soldabilidad pero también en menor grado que el carbono.

FOSFORO:

*propor (aumenta mucho la ductilidad y resistencia al impacto)*

En cantidades apreciables aumenta la resistencia y la dureza pero sacrificando la ductilidad y la resistencia al impacto particularmente en los aceros de alto carbono que están sujetos a tratamiento de temple y revenido consecuentemente para la mayoría de las aplicaciones el --

fósforo se mantiene por debajo de un límite máximo especificado.

En los aceros de bajo carbono para maquinado fácil - algunas veces se especifica un contenido mayor de fósforo y que mejora la maquinabilidad. Este elemento tiene una tendencia muy pronunciada a segregarse dentro del lingote.

AZUFRE: maquinabilidad

Un contenido elevado de azufre reduce la ductilidad transversal y la resistencia al impacto pero tiene solamente un efecto ligero sobre las propiedades mecánicas -- longitudinales. La soldabilidad decrece con el aumento de azufre; es bastante perjudicial para la calidad superficial particularmente en los aceros de bajo carbono y manganeso. Por las razones antes dichas generalmente se especifica un límite máximo de este elemento para la mayoría de las aplicaciones, con excepción de los aceros para maquinado fácil en los que se especifique un rango, pues en este caso el azufre se añade para mejorar la maquinabilidad.

El azufre tiene una tendencia mayor a segregarse que cualquiera de los elementos comunes y se presenta principalmente en la forma de inclusiones de sulfuro de manganeso, obviamente, se espera una mayor frecuencia de tales inclusiones en los grados resulfurados.

SILICIO: muestra resist.

Es uno de los principales desoxidantes usados en la fabricación del acero y la cantidad de silicio presente - está relacionada con el tipo de acero. Los aceros efervescentes y tapados no contienen cantidades significativas de silicio; los aceros semicalmados pueden contener cantidades moderadas de silicio, aunque hay una cantidad máxima definida que puede ser tolerada en tales aceros. Los aceros calmados al carbono pueden contener cualquier cantidad de silicio hasta 0.60% máximo.

El silicio es un poco menos efectivo que el manganeso para aumentar la resistencia y la dureza del acero en la condición tal como sale del molino. Tiene solamente -- una ligera tendencia a segregarse dentro del lingote. En los aceros de bajo carbono el silicio es generalmente perjudicial para la calidad de la superficie y esta situa--- ción es más pronunciada en los grados de bajo carbono resulturados.

COBRE: *resist. a la corrosión at.*

Tiene una tendencia moderada a segregarse dentro del lingote y en cantidades apreciables es perjudicial para las operaciones de trabajo en caliente; afecta adversamen--- te a la soldadura por forja pero no afecta seriamente la soldadura de arco o acetileno. El cobre es perjudicial a la calidad de la superficie y exagera los efectos superficiales inherentes en los aceros resulturados.

Es, sin embargo, benéfico para la resistencia a la -- corrosión atmosférica cuando se presenta en cantidades -- que exceden a 0.20%.

PLOMO: *mayor maquinabilidad*

Este elemento se agrega algunas veces a los aceros -- aleados y al carbono por medio de una dispersión mecánica durante el vaciado, con el propósito de mejorar las carac- terísticas de maquinabilidad de tales aceros; Cuando se -- agrega en esta forma el contenido es generalmente de 0.15 a 0.35%.

c).- Efecto de las Aleaciones en el Acero Inoxidable.

CROMO: *resis a la corrosión*

En el elemento aleante básico en el acero inoxidable porque químicamente la imparte la propiedad caracterfística de ser resistente a la corrosión y mientras mayor sea la cantidad contenida de Cromo, esta propiedad se incre--- menta. Físicamente el Cromo también imparte notables efec-

tos al acero inoxidable como es la resistencia a la abrasión principalmente a altas temperaturas.

NIQUEL: Resist  
Corrosion

El Níquel al estar aleado con el Cr. en el acero inoxidable, incrementa su resistencia a la corrosión.

En aceros inoxidables al Cr. Ni, el contenido de Níquel - generalmente oscila entre el rango de 7 a 30%, mientras - que el contenido promedio del Cr, oscila normalmente entre 17 a 86%. La combinación "18-8" es la más conocida y contiene 18% Cr. y 8% Ni.

La adición de Ni. al acero inoxidable, también genera propiedades admirables que lo hacen:

- 1).- Antimagnético
- 2).- No templable
- 3).- Ductil
- 4).- Soldable
- 5).- Resistente a la tensión

#### MOLIBDENO:

El molibdeno se agrega, con el fin de conservar la - resistencia del acero inoxidable a la corrosión en ambientes corrosivos que afectan a la aleación Cr-Ni, además de colaborar a aumentar la resistencia a la tensión, a la -- fricción y le imparte tenacidad.

En general puede considerarse que el Molibdeno, tiene una influencia muy importante en las características físicas de los aceros inoxidables.

#### TANTANIO:

Este es un elemento estabilizador en el acero inoxidable al Cr-Ni y los aceros que lo contienen, operan satisfactoriamente cuando forman parte de equipos que están expuestos a temperaturas: que van de 1000 a 1600°F.

### COLUMBIO (NIOBIO)

El Columbio al igual que el Tantanio, es elemento estabilizador en los aceros inoxidable al Cr-Ni, pero además influye notablemente impartiendo resistencia a la corrosión intergranular.

También es un elemento prevenor que dificulta la precipitación de Carburos.

### CARBONO:

En los aceros inoxidable, el carbono es un elemento nocivo y por ésta razón, su contenido debe ser el mínimo posible, sin embargo el C tiene una gran afinidad con el Cr y el Fe por ésta razón, los aceros inoxidable siempre contienen algo de C residual que proviene de las materias primas que se emplearon durante la fusión.

### MATERIALES:

d).- El porqué de la división de Aceros al Carbono y de - baja aleación (UCS-ASME) y Aceros de Alta aleación - (UHA-ASME).

### DESCRIPCION DE ACEROS.

Los Aceros al carbono de corte libre son aquellos -- que contienen cantidades apreciables de P.S.Pb, o una combinación tal de éstos elementos que incrementan notablemente su maquinabilidad con respecto a los aceros normales. Se producen por medio de los procesos siguientes: básico de hogar abierto, básico al oxígeno ó básico eléctrico.

En cuanto a la composición química, ésta variará según el producto terminado que se desee obtener. Así por ejemplo para forjas, barras terminadas en caliente y barras acabadas en frío, alambros y tubos sin costura su -- composición química va a estar formada por:

%C, %Cr. %P max., %S max, y %Si, cuando se especifique un

contenido en Silicio este se fijará de común acuerdo entre el fabricante y el consumidor.

Para productos, tales como perfiles estructurales, - placas, cintas y tubos soldados su composición está formada por los mismos elementos pero variará el contenido porcentual de C y Mn.

La composición química es de acuerdo al análisis de cuchara, el cual consiste en el análisis químico obtenido de las probetas durante la colada.

### ACEROS ALEADOS:

Los procesos de obtención son los mismos que se usan para los aceros al carbón. Se denominan aleados por que - además de los componentes de aceros al carbón éstos tienen otros como Pb, Ni, Al, Cr, Mo, V, B, Ti, a diferencia entre alta aleación y baja aleación, es debida a un mayor o menor contenido porcentual de éstos últimos elementos.

### 3.- INFLUENCIA DE LOS CODIGOS DE DISEÑO EN LOS MATERIALES

Los materiales usados para los recipientes a presión en diferentes países son influenciados naturalmente, y en algunos casos, determinados por los Códigos de Recipientes a Presión gobernantes y en algunos casos por la necesidad de aprobación de los Aceros por las autoridades de inspección.

#### Aspectos tratados de los materiales en cada Código.

ASME:- Este Código dá requerimientos que deben cumplir los materiales que se utilizan en la construcción de los recipientes a presión. También muestra una gran variedad de materiales los cuales han sido tomados de las Normas ASTM; por lo cual el código únicamente dá las propiedades mecánicas de los materiales con la temperatura ya que esto es lo que se utiliza en el cálculo del espesor para el reci-

piente.

La Sección II del Código ASME es la que está relacionada con todos los materiales y formas de éstos que son utilizados en la construcción de recipientes a presión y calderas, en donde se encuentran todas las Normas que deben cumplir dichos materiales. Dichas Normas son las presentadas por ASTM.

B.S.- La lista de materiales que se presenta en el Código B.S. 5500 está basada en los materiales recomendados y especificados para la construcción de Recipientes a Presión.

Estos materiales se encuentran normalizados en el B.S. 1501, éste Standar dá todas las características químicas y mecánicas de todos los tipos de material que son utilizados en los recipientes a presión soldados no sujetos a fuego.

Por lo tanto en el B.S. 5500 solamente se enlistan las propiedades mecánicas a la temperatura que son las que se usan en el cálculo.

El B.S. 1501 está dividido en varias partes:

Parte 1.- Aceros al Carbón y Carbón Manganeso

Parte 2.- Aceros Aleados

Parte 3.- Aceros Resistentes a la Corrosión y al calor

Nota: El B.S. 1501 únicamente trata de placas.

JIS.- Al igual que los demás Códigos, solo trata de ciertos requerimientos que deben cumplir los materiales, y enlista las propiedades mecánicas a la temperatura de los materiales recomendados en la construcción de los recipientes a presión.

Existen varias Standars, los cuales dictan las normas de los materiales. Estas normas son para el uso que se le va a dar el material, así por ejemplo tenemos que -

Las normas más comunes son:

JIS G 3103.- Esta norma es para Aceros al carbón utilizados en recipientes a presión, a altas temperaturas de servicio.

JIS G 3115.- Esta norma es para materiales utilizados en los recipientes a presión a temperaturas intermedias de servicio.

Otros Standars están basados en los elementos que intervienen en la aleación por ejemplo el JIS G 4102 que es para aceros Cr-Ni, el JIS G 4103 Aceros Cr-Ni-Mo, el JIS G 4109 que es para aceros Cr-Mo usados en recipientes a presión, etc.

#### 4.- EN LO ANTERIOR SE HABLA DE NORMAS, POR LO CONSIGUIENTE HACEMOS UNA BREVE REDACCION DE LO QUE ES NORMALIZACION Y NORMAS.

a).- Normalización de Productos de Hierro y Acero usados en la fabricación de Calderas y recipientes a Presión.

#### Qué es la Normalización:

"La normalización es el proceso de formular y aplicar reglas con el propósito de realizar un orden en una actividad específica, para el beneficio y con la cooperación de todos los intereses, y en particular para la obtención de una economía de conjunto óptima; teniendo en cuenta las características funcionales y los requisitos de seguridad".

"Se basa en los resultados consolidados de la ciencia, la técnica y la experiencia. Determina no solamente la base para el presente, sino también para el desarrollo futuro y debe mantener su paso acorde con el progreso".

"Algunas aplicaciones particulares son: Unidades de medida, terminología y representación simbólica, productos y procesos (definición y selección de las características de productos, métodos de prueba y de medición, especificación de las características de los productos para definir su calidad, regulación de variedades, intercambiabilidad, etc.), seguridad de las personas y de los bienes".

#### NORMA:

Una norma es el resultado de una gestión particular de Normalización, aprobada por una autoridad reconocida. Puede tener la forma de: Un documento que contiene un conjunto de condiciones por ser cumplidas, Una unidad fundamental o una constante física por ejemplo: amperio y tiene grandes ventajas como son:

EN EL PLANO DE LA PRODUCCION  
 EN EL PLANO DEL CONSUMO  
 EN EL PLANO DE LA ECONOMIA GENERAL

#### 5.- RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LOS DIFERENTES ACEROS: ASME (UCS)

Se recomienda que los aceros al carbón y de baja aleación con un contenido de C de más de .35%, por un análisis de colada no se usarán en construcciones soldadas o serán formados, mediante corte con oxígeno. Las partes de tamaño pequeño para los que es difícil obtener el material identificado y por ello los reportes de examen del taller, o los certificados no pueden económicamente obtenerse y habitualmente son acondicionados y esto no afecta apreciablemente la seguridad del recipiente, pueden usarse para partes sin importancia relativa o bien en partes esforzadas por no más del 50% del valor del esfuerzo permitido por esta división siempre que sean adecuados para los propósitos destinados y reunidos para la aprobación del inspector y serán de una muy buena calidad de soldadura.

ra.

Placas de acero al carbón y de baja aleación. Los aceros que son recomendados son el SA-36 que es un acero estructural y el SA-283 (Grados A, B, C y D) acero de baja e intermedia resistencia a la tensión para placas de calidad estructural y pueden usarse siempre que todos los requerimientos siguientes sean conocidos:

- 1.- Los recipientes no serán usados, para que contengan sustancias letales, ya sean líquidas o gaseosas.
- 2.- Los materiales no serán usados en la construcción de Calderas sometidas a fuego.
- 3.- La temperatura de diseño a la cual los materiales son usados será entre 20°F y 600°F (-27.77°C y 315.55°C).
- 4.- El espesor de las placas en las cuales la resistencia a la soldadura está aplicada no excederá 5/8 in.
- 5.- El acero es fabricado por los procesos de hacer abierto o básico.

#### ACEROS DE ALTA ALEACION (UHA)

- 1.- Para resistir a la corrosión
- 2.- Para evitar la contaminación de los contenidos con el Fe.
- 3.- Para facilitar la limpieza de los recipientes en el caso de procesamiento de alimentos.
- 4.- Para proveer resistencias a las fuerzas y resistencias al escalonamiento a altas temperaturas.
- 5.- Para proveer resistencias al impacto en servi---

cios a bajas temperaturas.

### BS (Sección 2)

Se toman consideraciones especiales, para operaciones abajo de 0°C o cerca de 0.C.

Materiales que se utilizan para soportar baffles, fallones salientes y partes similares no sujetas a presión, soldadas a los recipientes, se establecerá su identidad y serán compatibles con los materiales a los cuales están ligados.

Las especificaciones de los materiales estarán basados por los procesos de fabricación del acero, límites de composición para todos los constituyentes, prácticas de desoxidación, tratamiento término y propiedades mecánicas apropiadas para la aceptación y los propósitos.

La desoxidación deberá ser adecuada al tipo de acero ordenado, particularmente, de esto puede influir en el nivel de propiedades de temperaturas elevadas o bajas.

Pruebas mecánicas a temperatura ambiente, serán especificadas por pruebas de aceptación cubriendo:

Rango de esfuerzo de tensión.

Mínimo de esfuerzo de cedencia inferior a 0.2% del esfuerzo de prueba (R 0.2) (1% en el caso de acero austenítico) mínima  $P_f$  elongación a la fractura.

Los materiales a baja temperatura se especificará -- las propiedades de prueba al impacto Charpy Vnotch.

### JIS.

Los materiales son recomendados para el tipo de construcción y condiciones de servicio, a las que se van a -- encontrar dichas construcciones, esto es en cuanto a acero al carbón.

## 5.- COMPARACION DE LA PRESENTACION DE LAS TABLAS DE LOS VALORES DE ESFUERZOS DE DISEÑO ADMITIDOS.

### ASME UCS-23 Aceros al carbón y de baja aleación.

En esta tabla se dan los valores de los esfuerzos a la tensión máximos permitidos a la temperatura en °F, las unidades son Kips/in<sup>2</sup> (multiplicados por 1000 se obtienen psis).

El orden de los productos enlistados están en función de la composición nominal, y este orden es de menor a mayor composición.

Las partes que constituyen a la tabla son (en orden horizontal):

- 1.- Composición nominal
- 2.- No. P
- 3.- No. de grupo
- 4.- Forma del producto
- 5.- No. de especificación
- 6.- Grado
- 7.- Notas
- 8.- Deformación mínima especificada (Kips/in<sup>2</sup>).
- 9.- Resistencia a la tensión mínima especificada --- (Kips/in<sup>2</sup>)
- 10.- Valores de esfuerzos a la tensión máximos permitidos a diferentes temperaturas (°F), la presentación de las temperaturas es:  
 (-20 a 650) (700) (750) (800) (850) (900) (950)  
 (1000) (1050) (1100) (1150) (1200)

### ASME UHA-23 Aceros de alta aleación.

Esta tabla da los valores de esfuerzos a la tensión<sub>2</sub> máximos permitidos a diferentes temperaturas en (Kips/in<sup>2</sup>) (multiplicados por 1000 se obtienen psis).

El orden de los productos en la lista, está dado por

la composición nominal, o sea que se encuentren de mayor a menor y además del número de componentes.

Las partes que constituyen a la tabla son (en orden horizontal) iguales a la tabla UCS-23. La única diferencia está en las temperaturas que son:

(-20 a 100) (200) (300) (400) (500) (600) (650) (700) ----  
 (750) (800) (850) (900) (1000) (1050) (1200) (1250) -----  
 (1300) (1350) (1400) (1450) (1500°F.)

BS-5500 1976 Tabla 2.3 para todos los materiales.

BS-Valores de Resistencia de diseño, las unidades -- que se utilizan son N/mm<sup>2</sup>. Esta tabla está subdividida en:

- a).- Aceros al Carbono-M0
- b).- Aceros al carbón manganeso y al Carbono-M1
- c).- Aceros de Baja aleación-M2 a M10
- d).- Aceros de alta aleación
- e).- Aceros de alta aleación (Austenitic-Cr-Ni)

Las especificaciones de los materiales, son con respecto a otros standars británicos.

El orden en que se encuentran enlistados, dentro de cada subdivisión, es en base a la resistencia a la tensión mínima, y este orden es de menor a mayor.

Cada subdivisión, presenta primeramente a las placas, secciones y barras, forjas, fundidos y por último tubos y tuberías. El orden anterior es para cada uno de los diferentes grados.

Las partes que constituyen a la tabla: (en orden horizontal) Para grado Mo.

- 1.- Forma de producto
- 2.- Referencias a standars BS para materiales
- 3.- Resistencias a la tensión Mínimas (N/mm<sup>2</sup>)
- 4.- Espesores (mm)

TABLE UCS-23  
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR CARBON AND LOW-ALLOY STEEL,  
 IN KIPS/SQ IN. (Multiply by 1000 to obtain psi)  
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

Nominal Composition	P No.	Group No.	Product Form	Specification Number	Grade	Notes	Specified Minimum Yield	Specified Minimum Tensile
<b>Carbon Steels</b>								
½ Pb	1	1	Plate	SA 433	L 45		24 0	45 0
½ Pb	1	1	Plate	SA 433	L 50		27 0	50 0
½ Pb	1	1	Plate	SA 433	I 55		30 0	55 0
½ Pb C Mn	1	1	Plate	SA 433	L K 55		30 0	55 0
½ Pb C Si	1	1	Plate	SA 433	L K 60		32 0	60 0
½ Pb C Si	1	1	Plate	SA 433	L K 65		35 0	65 0
½ Pb C Si	1	2	Plate	SA 433	L K 70		38 0	70 0
Mn Si	1	2	Plate	SA 537	Cl 1	(13)(14)	50 0	70 0
Mn Si	1	3	Plate	SA 537	Cl 2	(13)(14)(15)	60 0	80 0
C-Mn-Si	10C	3	Plate	SA 612	A	(13)(14)	50 0	83 0
C-Mn-Si	10C	3	Plate	SA 612	B	(13)(14)	50 0	81 0
...	1	1	Plate	SA 283	A	(1)(3)	24 0	45 0
...	1	1	Plate	SA 285	A	(4)(13)(27)	24 0	45 0
...	1	1	Plate	SA 414	A	(4)(27)	24 0	
...	1	1	Bar	SA 31	A	(4)	23 0	
...	1	1	Bar	SA 306	45	(4)(27)	22 5	
...	1	1	Semis. Fl.	SA 556	A2	(27)	26 0	47 0
...	1	1	Semis. Fl.	SA 192	...	(27)	...	
...	1	1	Semis. Fl.	SA 179	...	(4)(6)(27)	...	48 0
...	1	1	Semis. Pp.	SA 53	A	(4)(6)(27)	30 0	
...	1	1	Semis. Pp.	SA 106	A	(27)	30 0	48 0
...	1	1	Plate	SA 283	B	(1)(3)	27 0	50 0
...	1	1	Plate	SA 285	B	(4)(13)(27)	27 0	50 0
...	1	1	Plate	SA 414	B	(4)(27)	27 0	
...	1	1	Bar	SA 306	50	(4)(27)	25 0	
...	...	...	Bolt	SA 307	B	(11)	...	55 0
...	1	1	Plate	SA 283	C	(1)(3)	30 0	55 0
...	1	1	Semis. Pp.	SA 333	1	...	30 0	55 0
...	1	1	Semis. Fl.	SA 334	1	...		
C-Si	1	1	Plate	SA 442	55	(13)(27)	30 0	55 0
...	1	1	Plate	SA 285	C	(4)(13)(27)	30 0	55 0
...	1	1	Plate	SA 414	C	(4)(27)	30 0	
...	1	1	Bar	SA 306	55	(4)(27)	27 5	
C-Si	1	1	Plate	SA 515	55	(27)	30 0	55 0
C-Si	1	1	Plate	SA 516	55	(13)(27)		
...	1	1	Plate	SA 36	...	(1)(3)(11)	36 0	58 0
...	1	1	Bar Shapes	SA 36	...	(4)	29 0	58 0
...	1	1	Forg	SA 372	1	(20)(24)	35 0	60 0

CARBON AND LOW-ALLOY STEEL VESSELS

Table UCS-23

TABLE UCS-23  
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR CARBON AND LOW-ALLOY STEEL,  
 IN KIPS/SQ IN. (Multiply by 1000 to obtain psi)  
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

-20 to 650	For Metal Temperatures Not Exceeding Deg F										Specification Number	Grade	
	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150			1200
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	L-45
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	L-50
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	L-55
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	LK-55
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	LK-60
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	LK-65
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-433	LK-70
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-537	Cl.1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-537	Cl.2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-612	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-612	B
10.3	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-285	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-414	A
11.2	11.0	10.2	9.0	7.7	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-31	A
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-306	45
11.7	11.4	10.5	9.2	7.8	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-556	A2
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-197	...
11.7	11.4	10.5	9.2	7.8	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-179	...
12.0	11.6	10.7	9.3	7.9	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-53	A
12.0	11.6	10.7	9.3	7.9	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-106	A
11.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	B
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-285	B
12.5	12.1	11.1	9.6	8.0	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-414	B
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-306	50
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-307	B
12.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-283	C
13.7	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-333	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-334	1
13.7	11.7	12.0	10.7	8.3	...	...	...	...	...	...	...	SA-442	55
13.7	13.2	12.0	10.7	8.3	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-285	C
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-414	C
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-306	55
13.7	13.2	12.0	10.7	8.3	6.5	4.5	2.5	...	...	...	...	SA-515	55
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-516	55
12.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-36	...
11.5	11.9	12.6	10.5	8.5	6.5	...	...	...	...	...	...	SA-36	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-377	1

← 75



## HIGH ALLOY STEEL VESSELS

Table UHA-23

TABLE UHA-23 (CONT'D)  
 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES IN TENSION FOR HIGH-ALLOY STEEL,  
 IN KIPS/SQ IN. (Multiply by 1000 to obtain psi)  
 (CAUTION: See UW-12 for vessels constructed under Part UW)

For Metal Temperatures Not Exceeding Deg F																	Speci- fication Number	Grade
700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500		
10.5	10.4	10.2	10.1	10.0	9.7	9.4	9.0	7.5	5.7	4.5	3.7	2.4	1.8	1.4	1.0	0.75	SA 351	CF8
																	SA-430	FP304
																	SA 430	FP304H
14.8	14.7	14.6	14.4	14.1	13.8	13.3	12.0	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA 182	F304
																	SA 182	F304H
																	SA-336	F8
																	SA 430	FP304
																	SA-430	FP304H
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	8.8	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA 182	F304
																	SA 182	F304H
																	SA 336	F8
																	SA-240	302
15.9	15.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-479	307
																	SA 240	302
11.0	10.8	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	SA-479	307
																	SA 240	304
																	SA 213	TP304
																	SA 213	TP304H
																	SA 312	TP304
																	SA 312	TP304H
15.9	15.5	15.1	14.9	14.6	14.3	13.7	12.1	9.7	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-376	TP304
																	SA-376	TP304H
																	SA 452	TP304H
																	SA-182	F304
																	SA 182	F304H
																	SA-479	304
																	SA-240	304
																	SA 213	TP304
																	SA 213	TP304H
																	SA 312	TP304
																	SA 312	TP304H
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	8.8	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA-376	TP304
																	SA-376	TP304H
																	SA 452	TP304H
																	SA 182	F304
																	SA 182	F304H
																	SA-479	304
																	SA 249	TP304
12.5	12.2	12.9	12.6	12.4	12.2	11.7	10.3	8.1	6.5	5.1	4.0	3.1	2.4	1.9	1.5	1.2	SA 249	TP304H
																	SA 312	TP304
																	SA 312	TP304H
																	SA 249	TP304
																	SA-249	TP304H
24	22	29	28	26	24	21	20	18	15	12	10	8	6	5	4	3	SA 312	TP304
																	SA 312	TP304H
11.0	10.8	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	8.8	7.7	6.0	4.7	3.7	2.9	2.3	1.8	1.4	SA 193	RBC1.1
																	SA 320	18R
																	SA 320	18R S
																	SA-320	18R Sp

**Table 2.3 Design strength values (N/mm<sup>2</sup>)**

**(a) Carbon steels (BS 5500 grade M0)**

Product form	Materials standards, BS references	Min. tensile strength	Thickness	Temperature, °C									Design lifetime (all thicknesses)	Temperature, °C							
				20	50	100	150	200	250	300	350	380		390	400	420	440	450	460	480	
Plate	1501 151,161 23A	N/mm <sup>2</sup> 355	mm Up to 16 > 16 to 32 > 32 to 64 > 64 to 102 or 152	135	135	124	112	104	95	85	78	h	73								
				127	127	115	105	101					100 000	78	77	71	60	51	37		
	125	125	114	105	101	150 000	83	82	63	54	46	30									
	See note 1				152								152	139	127	116	107	97	88	200 000	83
	143	143	130	118	114	100 000	89	87	71	60	51	37									
	141	141	129	118	114								150 000	96	94	71	60	51	37		
	See note 1				152	152	139	127	121	111	97	92								100 000	89
146	146	132	118	114	150 000	96	94	71	60				51	37							
See note 1				165						165	152	137			126	115	104	95	100 000	96	94
154	154	142	129	123	150 000	96	94	71	60	51	37										
152	152	140	129	123								200 000	96	94	71	60	51	37			
See note 1				157	157	143	129	123	115	104	99								100 000	96	89
165	165	152	137	131	150 000	96	89	63				54	46	30							
157	157	143	129	123					200 000	96	89				63	54	46	30			
See note 1				165	165	152	137	131				120	104	99					100 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99	150 000	96	82
157	157	143	129	123	250 000	96	82	58	49	42	22										
See note 1				165								165	152	137	131	115	104	99			



Table 2.3 Design strength values (N/mm<sup>2</sup>)

(b) Carbon and carbon manganese steels (BS 5500 grade M1) (continued)

Product form	Materials standards, BS references		Min. tensile strength	Thickness	Temperature, °C									Design lifetime (all thicknesses)	Temperature, °C												
					20	50	100	150	200	250	300	350	380		390	400	420	440	450	460	480						
Plate	1501 213,223	28A	432	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	184	184	170	155	152	138	121	111	h	109		108											
					See note 1																						
		28B	432	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	184	184	175	165	162	147	129	119	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	116	115	104	77	65	56	42							
					See note 1											95	68	58	50	37							
		30A	464	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	197	197	181	165	162	148	129	121	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	117	108												
					See note 1																						
	30B	464	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	197	197	187	176	173	158	138	129	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	125	124	104	77	65	56	42								
				See note 1										124	95	68	58	50	37								
	32A	494	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	210	210	192	175	172	156	137	128	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	125	108													
				See note 1																							
	32B	494	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 100 or 150	210	210	199	187	184	168	146	137	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	133	132	104	77	65	56	42								
				See note 1										128	95	68	58	50	37								
1501 224	26A	402	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 150	171	171	153	135	123	108	96	91	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	84	91	88	69	60	52	36								
				See note 1																	128	95	68	58	50	37	
26B	402	mm Up to 16 } > 16 to 32 } > 32 to 64 } > 64 to 150	171	171	153	135	128	115	103	97	100 000 } 150 000 } 200 000 } 250 000 }	84	91	88	69	60	52	36									
			See note 1																	128	95	68	58	50	37		

NOTE 1. For each 6.3 mm above 64 mm thickness (or 100 mm diameter in the case of sections and bars) reduce values up to 250 °C by 1 %.

NOTE 2. The values for forgings may be increased up to (but not greater than) the

values permitted for plate in the equivalent material grade and equivalent ruling section on provision by the forgemaster of appropriate supporting data showing that the minimum acceptance criteria for equivalent plate are satisfied.









5.- Valores de Resistencias de diseño a diferentes - temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) (y resistencias en  $\text{N}/\text{mm}^2$ ).

Los valores de temperatura son:

(20) (50) (100) (150) (200) (250) (300) (350) (380) (390)  
(400) (420) (440) (450) (460) (480) $^{\circ}\text{C}$

6.- Existe una columna intermedia que indica la vida media de diseño (para todos los espesores).

Para el grado Mi, es igual al anterior.

Para los grados M2 a M10, el único cambio es en los intervalos de temperaturas, lo mismo sucede para los aceros austeníticos (cr-Ni).

#### JIS:- Tabla 2.4 Aceros al Carbón y de Baja Aleación.

La tabla viene en partes: para la forma del producto.

- 1).- Aceros al Carbón: a).- Placas-Barras-Cintas.  
b).- Forjas.  
c).- Tuberías.

- 2).- Aceros de Baja Aleación.

El orden en el que vienen los materiales, está relacionado en cuanto a la forma y uso destinado del material.

Las partes que constituyen a la tabla (orden horizontal).

- 1.- Clasificación
- 2.- Clase
- 3.- Notación
- 4.- Composición Nominal (%)
- 5.- Resistencia Mínima a la tensión ( $\text{Kg}/\text{mm}^2$ )
- 6.- Método de fabricación
- 7.- Valores de resistencias a la tensión permitidas

(Kgf/mm<sup>2</sup>) a diferentes temperaturas. (°C).

(196)	(100)	(45)	(10)	(5)	(0)	(40)	(75)	(100)	(150)	(200)
(225)	(250)	(275)	(300)	(325)	(350)	(375)	(400)	(425)	---	
(450)	(475)	(500)	(525)	(550)	(575)	(600)	(625)	(650)	---	
(675)	(700)	(725)	(750)	(775)	(800)					

Tabla 2.5 Aceros de Alta Aleación.

La estructura general de ésta tabla es igual a la de la tabla 2.4 (para Aceros al Carbón y de Baja Aleación).

7.- ACEROS MAS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DE RECIPIENTES A PRESION.

ASME:

Aceros al Carbón:

A-27	A-299
A-36	A-442 Gr 55,60
A-113 GrC	A-455 Gr A, B
A-283 Gr A, B, C, D	A-515 Gr 55,60,65,70
A-285 Gr A, B, C	A-516 Gr 55,60,65,70

Aceros de Baja Aleación:

A-202 Gr A, B	A-357
A-203 Gr A, B, D, E	A-387 Gr A, B, C, D, E
A-204 Gr A, B, C	A-410
A-225 Gr A, B	A-553 Cl, 1Gr A, B, C

Aceros de Alta Aleación:

A-240 Gr 405	A-240 Gr 317
" Gr 410 S	317 L
" Gr 410	
" Gr 429	XM 15
" Gr 430	321

*mat. ferrosos (18)*

"	Gr 304 L	347
"	Gr 302	348
"	Gr 304	3095
"	Gr 316 L	3105
"	Gr 316	XM 27

### Aceros Inoxidables.

A-357  
 A-517 Gr A, B, C, D, E, F  
 A-553

### B.S. 5500

Referidas al BS 1501 - 151 Gd 26  
 BS 1501 - 213 Gd 32

Fortiweld  
 Ducol W-30

### JIS.

#### Altas Temperaturas a Altas Presiones.

A-516 Gr 70	A-516 Gr 60 SB 42
A-533 Gr B	A-516
A-387 Gr 22	A-387 C
A-285 CFBQ	SA-387 12 C12
SM50B	A-517 QT
SP46 + SUS38	
A-516 Gr 60 SUS 38	

### 8.- ACEROS MAS USADOS Y FABRICADOS EN MEXICO.

A-36 Ques es para uso estructural por ello en el País se ha utilizado para tanques.

A-285 Gr C  
 Gr 70  
 Gr B por su bajo contenido de C.

A-515 Gr 70 Grano grueso (bajas temperaturas)  
 A-516 Gr 72 Grano fino  
 A-283 Gr 70

### STANDARIZACION EN D.G.N.

ASME	D.G.N.
A-202 72 A	B 368 1974
A-283 Gr 70	B 282 1976
A-516 Gr 72	B 245 1974
A-455 72 a	B 243 1974
A-299 72	B 260 1974
A-612 72 a	B 259 1974
A-285 72	B 242 1974
A-515 72	B 244 1974

### 9.- COMPARACION ENTRE LOS ACEROS PARA RECIPIENTES A PRESION. ESTADOS UNIDOS, Europa, Japon.

La adopción en la mayoría de los países de Europa Occidental del Esfuerzo de Deformación como una base primaria para establecer el esfuerzo de Diseño de los Recipientes a presión ha hecho que el Diseño con el Código ASME y las especificaciones para acero de ASTM asociados sean menos atractivas económicamente que los aceros producidos por los Standards Nacionales Locales, particularmente con respecto a los altos grados de Resistencia a la deformación los cuales son ampliamente disponibles en Europa.

#### a).- Influencia de los Códigos de Diseño.

Los materiales usados para los recipientes a Presión en diferentes países son naturalmente influenciados y, en algunos casos, determinados por los Códigos de Recipientes a Presión gobernantes y en algunos casos por la necesidad de la aprobación de los Aceros por las autoridades de Inspección. En Francia e Inglaterra las leyes concernientes con las calderas y Recipientes a Presión legislan los principios pero no se requiere una aprobación especí-

fóca de los materiales: siempre que el Recipiente a la caldera es seguro, cualquier material de construcción puede usarse. Mientras que en otros países Europeos, los aceros deberán aprobarse por autoridades de Inspección oficiales antes de usarse. Los materiales locales se especifican en los Códigos de Construcción Nacionales, pero especificaciones extranjeras y aceros apropiados pueden aprobarse en base a los exámenes que se establecen para los esfuerzos de diseño a usarse. Por ejemplo, los países de Europa Continental pueden llamar para el esfuerzo de deformación o esfuerzo de prueba de un material extranjero para ser determinado a la temperatura de operación del Recipiente.

La Tabla II.1 muestra las bases para establecer el esfuerzo de Diseño y la aceptación de los materiales en los diferentes países.

La forma en la cual los Aceros y otros materiales se declaran aceptables para la construcción de acuerdo al Código aplicable varia bastante de un país a otro. En los Estados Unidos los Comités ASME revisan los materiales nuevos sometendolos a aprobaciones y pruebas de Aceptación por medio de un caso del Código ASME, registrando, cuando es apropiado el esfuerzo de diseño aceptable.

En 1964 aún no se contaba con un cuerpo de aprobación oficial para los materiales en Inglaterra, el B.S. 5500 1976 especifica que todos los materiales usados en la fabricación de partes a presión cumplirán con los requerimientos del código B.S. apropiado (estos requerimientos están referidos en la sección 2.4).

La tendencia en todos los países es incrementar el esfuerzo de diseño para los recipientes a presión, pero en Europa el uso del esfuerzo de deformación como un criterio de diseño está estableciendo una supremacía en los aceros al aumentar la resistencia a la deformación. En los Estados Unidos, por otro lado, la Resistencia última gobierna usualmente al esfuerzo de diseño excepto a altas temperaturas, y para algunos aceros inoxidables austeníti

TABLA II-1

ESFUERZO DE DISEÑO O ACEPTABILIDAD

PAIS	CODIGO	BASE PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL ESFUERZO DE DISEÑO.	CUERPO RESPONSABLE PARA LA ADMINISTRACION DEL CODIGO.	ACEROS ACEPTABLES POR EL CODIGO DE CONSTRUCCION		MECANISMO PARA-ACEPTACION DE LOS ACEROS.
				DESIGNACION	CUERPO STANDARDIZADOR	
ESTADOS UNIDOS	SECCION VIII (Recipientes a Presión) Código A.S.M.E.	$\frac{\sigma_B}{4}$ o' $\frac{\sigma_{02}}{1.6}$	A.S.M.E.	ESPECIFICACIONES ENLISTADAS EN EL CODIGO A.S.M.E.	A.S.T.M. A.S.M.E.	LOS ACEROS STANDARDIZADOS POR A.S.T.M. SON ADOPTADOS POR EL A.S.M.E. - ALGUNAS VECES CON LIGERAS MODIFICACIONES.
INGLATERRA	Código B.S. 5500-1976	$\frac{Ei20}{1.5}$ o' $\frac{\sigma_B}{2.35}$ EL MAS BAJO.  ARRIBA DE 150°C.  $\frac{\sigma_{0.2}}{1.5}$ o' $\frac{\sigma_B}{2.35}$	COMITE DE STANDARDS DE LA INDUSTRIA DE RECIPIENTES A PRESION.	ACEROS PARA LAS-ESPECIFICACIONES - B.S. ENLISTADAS EN EL CODIGO. Y OTROS ACEROS SIEMPRE QUE SEA MAYOR LA ELONGACION DEL 16% - PARA PLACAS.	INSTITUTO BRITANICO DE STANDARDS - (B.S.)	UN SISTEMA PARA LA APROBACION FORMAL DE LOS MATERIALES BAJO CONSIDERACION.
JAPON	JIS-B-8243-1975	$\frac{5\sigma_y}{8}$ o' $\sigma_u$ , PARA $\sigma_0 \cdot \sigma_x$ EL MAS PEQUEÑO DE $\sigma_u \cdot X$ O $\sigma_y \cdot X$ DEBERA APLICARSE.	JIS	ESPECIFICACIONES - JIS	JIS	UN SISTEMA QUE - APRUEBE LOS MATERIALES A USAR.

Dónde:

$\sigma_B$  = Esfuerzo último mínimo.

$\sigma_{02}$  = Esfuerzo de Deformación mínimo a 0.2% del Esfuerzo de Prueba.

$Ei20$  = Esfuerzo de Deformación mínimo.

$\sigma_y$  = Punto de Deformación.

$\sigma_u$  = Resistencia a la Tensión.

X = Factor de Seguridad = 1/4

$\sigma_0$  = Esfuerzo de Diseño.

cos.

El deseo para retener la capacidad de fatiga adecuada en los recipientes a presión a causado, entre otros -- factores, la retención del esfuerzo último como un criterio de diseño en los Estados Unidos y consecuentemente el incentivo para suministrar aceros de alta deformación para recipientes a presión está ausente. Es desafortunado -- que la diferencia en los criterios básicos no ha sido resuelto en las deliberaciones de la L.S.O. (International Standar Organization). Esta resolución podría verse para sostener acuerdos en los factores que gobiernan las fa--- llas por fatiga en ciclos pequeños en las boquillas, y en las técnicas requeridas para evitar dichas fallas.

En Japón se sigue el mismo lineamiento que en los Estados Unidos.

En Inglaterra no hay restricciones formales en el -- uso de aceros semi-muertos para recipientes a presión y -- es el acero comunmente especificado para servicio en reci--- pientes ligeros y medios, la Revisión 1964 del B.S. 1501 definen la práctica de dexodidación (si el acero es muerto o semimuerto). También establece límites en los elemen--- tos trampatales como el cromo y cobre.

A diferencia de los demás países Europeos, las especificaciones británicas no establecen una resistencia mínima al impacto para el grado Standar del Acero. Los aceros con propiedades al impacto especificadas se detallan separadamente. También requieren de normalizado solamente para placas de espesor superior a 1 3/4 in. Los contenidos de C y Mn son similares a los de los aceros Europeos, siendo el de C 0.22% máximo y el de Mn entre el rango de 0.4% y 1%.

b).- Los aceros al carbón ASTM difieren de los Europeos -- en que los niveles de C permitidos son substancialmente -- más altos y los contenidos de Mn. son correspondientemente más bajos. La placa tipo de Calderas comunmente usada, ASTM.A 285, hasta de 2 in. puede ser de acero muerto o se

TABLA II-2

ACEROS AL CARBON TÍPICOS PARA RECIPIENTES A PRESIÓN.  
DE 50,000 A 60,000 PSI.

PAIS	STANDAR	PRACTICA DE DES- OXIDACION PERMI- TIDA POR EL CO- DIGO STANDARD.	COMPOSICION QUIMICA						PROPIEDADES MECANICAS MINIMAS					TRATAMIENTO DE CALOR	
			C MAX.	Mn MAX.	Si MAX.	P MAX.	S MAX.	OTRO MAX.	ESF. DEF. PSI	RES. ULT. PSI	% ELONGACION	EXAMEN DE FLEXION	RESISTENCIA AL IM- PACTO (ESPECIMEN - LONGITUDINAL).		
ESTADOS UNIDOS	A-285 Gr.C	CUALQUIERA	0.3	0.8 MAX.		0.04	0.04			30,000	55,000	25	2t	NO REQUERIDO	NINGUNO ESPECI- FICADO.
INGLATERRA	BS 1501-151 Gr.26	ACERO SEMI- MUERTO.	0.22	0.5-1.2	0.1	0.05	0.05	Ni.0.3- Cr.D.25 Mn.0.1 Cu.D.2		31,000	58,000	27	1t	NO REQUERIDO	NORMALIZADO - ARRIBA DE - 1 3/4 in.
JAPON	JISG-3103 Clase 1SB-35	CUALQUIERA	DE: 0.20-0.22	0.8 MAX.	0.3 MAX.	0.035 MAX.	0.04 MAX.			27,000	50,000 60,000	30	2t	NO REQUERIDO	NINGUNO ESPECI- FICADO.

TABLA II-3

ACEROS AL CARBON Y CARBON-MANGANESO ENTRE 65,000 A  
75,000 PSI DE APROXIMADAMENTE 2 IN DE ESPESOR MAXIMO.

PAIS	STANDAR	TIPO DE ACERO	COMPOSICION QUIMICA						PROPIEDADES MECANICAS MINIMAS					TRATAMIENTO DE CALOR
			C MAX	Mn MAX	Si MAX	P MAX	S MAX	OTRO MAX	ESF. DEF. PSI	RES. ULT. PSI	% ELONGACION	EXAMEN DE FLEXION	RESISTENCIA AL IMPACTO (ESFUERZO- LONGITUDINAL)	
ESTADOS UNIDOS	A-212 Gd. B	MUERTO C-Si	0.33	0.9 MAX.	0.15 0.3	0.04	0.05		38,000	70,000	21	2 1/2 I	NO ESPECIFICADO	NORMALIZADO A 900-950 DE 2 IN DE ESPESOR.
INGLATERRA	BS 1501 213 Gd 32	SEMI-MUERTO	0.22	0.9 1.6	0.1 MAX.	0.05	0.05	Nb 0.01-0.1 Ni 0.3 MAX. Cr 0.25 MAX. Mo 0.1 MAX. Cu 0.2 MAX.	47,000	71,000	18	1.5 I	CHARPY CORTE V 50 LLIB = 8.7 MKg cmc A 20°C Y 40 LLIB = 7 MKg A 0°C. cm2	NORMALIZADO
JAPON	JIS G 3103 Clase 3 SB-46  JIS G 3103 Clase 3 SB-46M	MUERTO C-Si	0.28 0.33	0.9 MAX.	0.15 0.3	0.035	0.04		35,550	64,412 g 78,210	25	2 1/2 I	NO ESPECIFICADO	NORMALIZADO
			0.18 0.25	0.9	0.15 0.3	0.035	0.04	Mo 0.45-0.6	35,550	64,412 g 78,210	26	2 1/2 I	NO ESPECIFICADO	NORMALIZADO

minuerto, en la práctica el acero semimuerto es usualmente suministrado. Para espesores superiores a 2 in el acero completamente muerto es el requerido.

Anque los aceros muertos-Si podrfan verse a ser los indicados por los requerimientos especificados de 0.15 a 0.30 % de S $\phi$ , en la práctica estos aceros han sido, ---- hechos para grano fino y para grano grueso dependiendo de la práctica de fundido en el servicio destinado a bajas o altas temperaturas. Con el incremento de la vigilancia sobre el comportamiento de fallas de agrietamiento, la tendencia en los últimos años ha sido hacia el uso de prácticas de desoxidación aluminio-silicio.

Las especificaciones ASTM para placas de acero al -- Carbón y Aleado no suministran exámenes apropiados para el impacto excepto en el caso de aceros destinados para uso a bajas temperaturas y ordenados para A-300. Los aceros ordenados para requerimientos de examen de impacto se hornean en las condiciones normalizadas; además, el norma lizado en placas de acero al Carbón es mandatorio solamente para espesores superiores a 2 in.

NOTA:- Los aceros ingleses se normalizan arriba de un espesor de 1 3/4 in mientras que los norteamericanos arriba de 2 in.

### c).- Aceros de Alta Resistencia.

Muchas de las mismas diferenciaciones de los aceros tipos son encontradas también entre los aceros al Carbón de Alta Resistencia (Tabla b).

Los Aceros británicos tienen una resistencia a la de formación más baja que sus equivalentes de los demás países Europeos, en Inglaterra existe mayor interés en los aceros de alta resistencia de grano fino tratados con Niobio. Como un refinante del grano es la adición de Niobio y tiene numerosas ventajas. Al contrario del Al, el Niobio no afecta seriamente al esfuerzo de deformación a alta temperatura o la resistencia a la deformación prolonga

da. También, cuando el acero es tratado con Al éste es ne cesariamente y completamente muerto, mientras que el Nio bio puede agregarse a aceros semimuertos. Esto es de gran ventaja en Inglaterra, ya que, su industria está engrana da en la producción y uso de acero semi-muerto.

En los Estados Unidos el uso del esfuerzo último co mo un criterio de diseño ha minimizado el interés en los aceros con resistencia a la deformación comprobada, y el ace al Carbón de alta resistencia más comunmente especifica do, ASTM A-212, es un acero al Carbón completamente --- muerto de una relación de esfuerzo de deformación a es--- fuerzo último moderada. La resistencia última de 70,000 - psí es obtenida por un contenido de C relativamente alto: 0.33% max; Comparada con 0.22% de los Aceros Europeos, y el contenido de Mn es relativamente bajo: 0.9% max. compa rada con 1.6% max. para los europeos. El acero de grano - fino en Estados Unidos es usado por su probada ductibili dad de corte en lugar de su alta resistencia a la deforma ción.

#### d).- Propiedades a Temperaturas elevadas.

En Inglaterra y demás países Europeos las especifica ciones para aceros al Carbón garantizan una lista de de-- formación mínima ó 0.2% del esfuerzo de prueba a tempera turas elevadas, mientras que los requerimientos ingleses - muestran propiedades promedio para la deformación prolonga da y la ruptura. En los Estados Unidos las propiedades a temperaturas elevadas no se incluyen en los standars, - pero los resultados de exámenes comparativos se publican separadamente en Publicaciones Técnicas Especiales de --- ASTM. En el Código ASME los esfuerzos de diseño se esta blen por los comités ASME los cuales son libres de tomar tanto figuras publicadas como no publicadas para su consi deración para llegar a un valor de diseño.

Estos métodos diferentes de publicar los datos de -- exámenes mecánicos tienen sus ventajas y desventajas. Por lo que, sería deseable, particularmente en vista del desa rrollo de los Códigos para Calderas I.S.O., establecer mé

todos Standars y científicamente exactos de examinación y presentación. Este problema ha sido estudiado con detalle en Inglaterra, donde se propuso que para esfuerzos de deformación a altas temperaturas o esfuerzos de prueba, los resultados de un gran número de exámenes deberían graficarse como una función de la temperatura y establecer un límite de confianza más bajo del 95%. La deformación en caliente es en ésta forma claramente correlacionada con el esfuerzo de deformación a la temperatura ambiente, y siempre que la última propiedad caiga dentro de los límites de control de calidad establecidas, entonces hay una gran probabilidad de que el esfuerzo de deformación o altas temperaturas caiga dentro de los mismos límites. La examinación en caliente es entonces innecesaria, siempre que las otras variables que controlan el control de la resistencia en caliente, tales como la práctica de la desoxidación no estén cambiando. En el B.S. 1501 el control requerido sobre la fabricación de acero se obtiene por medio de la separación de los tipos semi-muerto, si-muerto, y Al-muerto, y mediante el establecimiento de un límite de 1/2 de lb por tonelada en la cantidad de Aluminio agregado al Acero Si-muerto. Las propiedades de Deformación prolongada de gran límite no pueden correlacionarse con exámenes de corto límite y esto es menos significativo para las propiedades de deformación prolongada mínimas especificadas ya que ésto no representa una cantidad medible. Por lo tanto es una práctica general enlistar el promedio de una serie de resultados de examen y basar el diseño en éstos valores promedios.

La tabla 11-4 muestra el esfuerzo de deformación mínimo ó 0.2% del esfuerzo de prueba y el esfuerzo promedio para ruptura en 100,000 hrs. Los Aceros de Estados Unidos no se incluyen ya que la información apropiada no está dada en los Standars nacionales.

TABLA 11-4  
ACEROS AL CARBON CON RESISTENCIA A LA DEFORMACION  
A TEMPERATURA ELEVADA

PAIS	ESPECIFICACION DEL ACERO	TIPO	PROPIE- DAO.	RESISTENCIA MECANICA A LA TEMP. (1000 psi)						
				100	150	200	250	300	350	400 °C
				212	302	392	482	572	662	752 °F
INGLATERRA	BS 1501-213 32 B	C-Mn, Semi- muerto: Trata- do con Nb.	0.0.2	41.2	40.8	40	36.5	31.8	30	28.8

Nota: Las propiedades mecánicas del B.S. con respecto a la temperatura son bastante altos en comparación -- con las propiedades de los materiales enlistados en el ASME y JIS, no obstante que sean de igual composición química pues la discrepancia se debe a la -- elección de la propiedad tomada como base de criterio.

Aunque las propiedades de Deformación mínimas no se especifican en los Standars ASTM, estos podrían verse de las Publicaciones Técnicas Especiales de ASTM y de los Es fuerzos de Diseño enlistados en el Código ASME, que las -- propiedades de ASTM A-285 6d C a temperaturas elevadas -- son similares a las de B.S. 1501-151.

e).- Ductibilidad de Corte.

La ductibilidad para agrietamiento en las temperaturas de transición de Acero semi-muerto y Si-muerto es muy variable y puede ser tan alta como 60°C. Por lo tanto, en Inglaterra y Estados Unidos donde dichos aceros son comun-mente usados para recipientes a presión, es algunas veces deseable especificar para materiales especiales para obte-ner una seguridad adicional contra la falla por agrieta-miento a la temperatura ambiente (por ejemplo, durante la examinación hidrostática). Estos materiales se enlistan -

en la tabla 11.5. Las especificaciones ASTM excepto para A-300 no llaman a una examinación de impacto pero cuentan o confían sobre el control de la Composición Química y de la fabricación del Acero practicado para obtener un acero el cual será dúctil al corte a temperatura ambiente. Los aceros apropiados ingleses son variantes de los grados --standar con examen al impacto a la temperatura ambiente o a 0°C; El material británico es un acero al carbón Mn semi-muerto igual al ASTM A-442 pero con un contenido de C más bajo. En los Estados Unidos el problema de las fallas por agrietamiento y los requerimientos apropiados están todavía bajo estudio por el código y otras autoridades. Se conoce que requerimientos más restrictivos aplicables a --temperaturas ambientes tanto como a rangos de temperaturas ambientes tanto como a rangos de temperaturas bajas --están en curso de preparación por los Comités del Código ASME.

f).- Aceros para Operación a Temperaturas abajo de 0°.

La mayoría de los Países Europeos entre ellos Inglaterra han seguido la práctica norteamericana para la selección de materiales para operar a temperaturas abajo de 0° como se muestran en la tabla 11.6. Los aceros al Carbón muertos examinados al impacto son usados para abajo de -50°F, de 3 1/2% Ni; entre -50°F y -150°F, y ya sea el Acero Cr-Ni Austenítico o el Acero 9% Ni para -150°F a -- -300°F. El acero al Carbón especificado para bajas temperaturas en Europa es un tipo de grano fino tratado con --aluminio como una regla general, mientras que en Estados Unidos es más usual llamar una práctica de fundido de grano fino la cual es usualmente producida por desoxidación con Si y Al. La selección dada en la tabla 11.6 es para --recipientes esforzados al máximo normal permitido en el --código de Construcción. Un reciente desarrollo en los Estados Unidos es el uso de Ac/C templados y apagados para servicios a temperaturas abajo de 0 dichos aceros se fortifican con adiciones menores de elementos de aleación y alcanzando la ductibilidad de corte abajo de -75°F (-59° C). Los Aceros son ahora ofrecidos como designaciones --- apropiadas pero dentro de poco serán cubiertos por una --

TABLA II-5

ACEROS PARA RECIPIENTES A PRESION AL CARBON CON PROPIEDADES  
AL IMPACTO ESPECIFICAS O DUCTIBILIDAD DE CORTE A TEMPERATURAS  
ABAJO DE 0° C

PAIS	STANDARD	REQUERIMIENTO DE EXAMEN DE IMPACTO						OBSERVACIONES
		MANDATARIO #	NUMERO DE EXAMENES	TIPO DE EXAMEN	TEMPERATURA DE EXAMEN	RESISTENCIA A LA TENSION MINIMA Kg/Cm <sup>2</sup>	fi. ID. EQUIVALENTE	
INGLATERRA	BS 1501-211-Gr. 28 RT	Si	Un grupo por placa p/c. recipiente.	DMV Transverso	20° C	7	El BS 1501-211 es un acero al Carbono-Manganeso semi-quieto con bajo contenido en Carbono y una alta resistencia a la cedencia.	
				CHARPY, corte en "V" longitudinal.	20° C	35		
	BS 1501-211-Gr. 28 LTO	Si	Un grupo por placa p/c. recipiente.	CHARPY, corte en "V" longitudinal.	0° C	25		
ESTADOS UNIDOS	ASTM A-442 Acero al C. con propiedades probadas a la transición.	No especifica exámenes de impacto.				No especificado	Acero al Carbono-Manganeso con un contenido de Carbono ligeramente bajo que A-285, pero con un contenido de Manganeso controlado, superior al contenido por el grano fino.	
	Código ASME Caso 1280	No especifica exámenes de impacto.				No especificado.	Similar al ASTM A-212 pero con un contenido más bajo en Carbono y mayor en Manganeso. Todos los espesores para grano fino.	
JAPON	JIS G 3115	Si	Un grupo por placa p/c. recipiente.	CHARPY, corte en "V" longitudinal.	0° C	No especificado.	35	

TABLA II-6

ACEROS TIPICOS PARA RECIPIENTES A PRESION, OPERANDO  
A TEMPERATURAS ABAJO DE 0°C.

PAIS	CODIGO DE CONSTRUCCION APLICABLE	RANGO DE TEMPERATURA		SELECCION NORMAL DE MATERIAL	
		°C	°F	ESPECIFICACION STANOARD	COMPOSICION NOMINAL
INGLATERRA	BS 1500 BS 1515 BS 5500	0 - 50	32 A 58	BS 1501-224 LT 50	AL TRATADO, ACERO AL C-SI MUERTO
		-50 A 100	-58 A 148	BS 1501-503 LT 100	ACERO 3 1/2 % Ni
		A 100	A 148	BS 1501-801 LT 190	AUSTENITICO Cr-Ni
ESTADOS UNIDOS	SECCION VIII DEL CODIGO ASME	A 29	A 20	ACEROS NORMALES P/RECIP.	ACERO AL CARBON
		-29 A 45	-20 A 50	ASTM A-201 ó A-212	ACERO AL CARBON MUERTO
		-45 A 101	-50 A 150	ASTM A-203 Gr. D ó E	3 1/2 % Ni
		-101 A 145	-150 A 320	ASTM A-353	9 % Ni
JAPON	JIS B 8243	-30 A 350		JIS G 4102 Cl. 22 SNC 22	3 1/2 % Ni
		-30 A 350		JIS G 4108 Cl. 5 SNCM5	3 1/2 % Ni 1/2 Mo
		-60 A 350		Cl. 3 SLA 37	ACERO CARBON-MANGANESO

nueva especificación ASTM.

g).- Aceros Ferríticos Aleados.

Los Aceros Aleados más comunmente empleados en recipientes a presión están enlistados en la tabla 11.7.

En Inglaterra el uso considerable está basado en los aceros propiamente aleados. Un tratamiento con el Boro 1 1/2% Mb, llamado Fortiweld tiene buenas propiedades a temperaturas elevadas así como el acero inglés Cr-Mb-V llamado Dichol W-30. Las especificaciones ASTM cubren un gran número de aceros aleados Cr-Mo para permitir la selección sobre las condiciones de servicio. Estos diferentes aceros de baja Aleación son usualmente normalizados y templados pero en secciones delgadas el apagado y templado en roceado puede ser esencial para reunir las propiedades requeridas.

Los aceros que normalmente se suministran en condiciones de apagado y templado tales como el acero U.S.T.I. han encontrado una aplicación relativamente limitada para recipientes a presión simentados en la tierra, aunque éstos pueden usarse en recipientes transportables.

En el JIS sus especificaciones cubren también un gran número de aceros aleados Cr-Mo.

h).- Exámenes de Aceptación, datos apropiados del Material y Control de Calidad.

Se ha puesto atención para incrementar el número de especificaciones que enlisten las propiedades a temperaturas elevadas de los aceros. Deberá notarse que en los países los cuales publican dichas especificaciones, las propiedades a temperaturas elevadas se incluirán en los exámenes de aceptación solamente si es especificado en la orden. No obstante hay una tendencia consistente en las especificaciones inglesas y en las de Europa Continental hacia una mayor precisión y hacia incrementar el número de propiedades enlistadas. Los Standars recientemente edi

TABLA II-7

ESPECIFICACIONES PARA PLACAS DE ACERO ALEADO, COMUNTE  
 USADAS PARA RECIPIENTES A PRESION SOLDADOS, OPERANDO A -  
 TEMPERATURAS ELEVADAS (PLACAS HASTA DE 2 IN.)

TIPO DE ALEACION	PAIS	DESIGNACION	COMPOSICION %							PROPIEDADES MECANICAS			TRATAMIENTO DE CALOR	
			C MAX.	Mn MAX.	Si MAX.	Cr	Mo MAX.	V	B	ESFUERZO DE DEFORMACION PSI MIN.	ESFUERZO ULTIMO PSI MIN.	% ELONGACION		
1/2 Mo	ESTADOS UNIDOS	ASTM A 204 Gr. C	0.23	0.9 MAX.	0.15 0.35		0.45 0.6				43,000	75,000	22	N Arriba 2 in
1/2 Mo B Tratado	INGLATERRA	FORTIWELD	0.16	0.7 MAX.	0.4 MAX.		0.6 MAX.		0.005 MAX.		65,000	83,000	16	Normalizado Rolo Rolado
Mn-Mo	ESTADOS UNIDOS	ASTM A 302 Gr. B	0.23	1.15- 1.5	0.15- 0.35		0.45 0.6				50,000	80,000	20	N Arriba 2 in
1 Cr 1/2 Mo	ESTADOS UNIDOS	ASTM A 387 Gr. B	0.17	0.15- 0.65	0.15 0.30	0.8	0.45 0.65				35,000	60,000	24	A ó N T
2 1/4 Cr 1 Mo	JAPON	JIS 4109 Clase 4SCMV4	0.15	0.27 0.63	0.5 MAX.	1.88 2.62	0.85 1.15				45,504	75,300 99,600	18	N
3/4 Cr 1/4 Mo 1/10 V	INGLATERRA	DUCOL W-3D	0.17	1.5 MAX.	0.3 MAX.	0.7 MAX.	0.28 MAX.		0.10 MAX.		60,000	80,000	16	N T
3 Cr 1 Mo	JAPON	JIS G 4109 Clase 5SCMV5	0.15	0.27 0.63	0.5 MAX.	2.63 3.37	0.85 1.15				45,500	75,300- 99,600	18	N
2 1/4 Cr 1 Mo	ESTADOS UNIDOS	ASTM A 387 Gr D	0.15	0.3- 0.6	0.5 MAX.	2.0- 2.5	0.9- 1.1				30,000	60,000	20	A ó N T
1 Cr 1/2 Mo	JAPON	JIS G 4109 Clase 1 SCMV2	0.17	0.36- 0.69	0.13- 0.32	0.74 1.21	0.4- 0.65				32,700	55,450 79,600	22	Adaptado

CLAVE

A = RECOCIDO  
 N = NORMALIZADO  
 T = TEMPLACO

tados en Inglaterra incluyen mucho más información que sus predecesores y enlistan tanto resistencias a la deformación a temperaturas elevadas como resistencias al impacto cuando son aplicables. El B.S. 1501 también define la práctica de la desoxidación para cada variante, y dá dentro de cada especificación una elección de los tipos principales de Acero al Carbón comun entre disponibles.

En el Continente, en Inglaterra y en los Estados Unidos la sensibilidad de corte es normalmente juzgada por los exámenes al impacto en el corte, los detalles serán discutidos a continuación. En los Estados Unidos hay un interés creciente en el uso de la Ductibilidad Nil de la Marina (N.D.T.) éste examen se usa tanto como una base para el establecimiento válido de requerimientos al impacto para varios grados y como para el análisis y directamente como un examen de aceptación. Los Comités del Código ASTM han estado considerando si requerir los exámenes N.D.T., o permitir éstos como una alternativa. En Inglaterra el examen de placas anchas soldadas es más y más reconocido como una referencia de examen valuable para el establecimiento de los niveles de aceptación, y los resultados de éstos exámenes están comunmente siendo usados, para determinar las propiedades al impacto mínimas requeridas y las temperaturas mínimas de operación para recipientes a presión de acero al Carbón en las condiciones de Soldadura de alivio de esfuerzos.

El tipo de corte usado en los especímenes de examen de impacto varía para un grado substancial, aunque hay una tendencia universal hacia la adopción de el Corte en V de 2 mm. de profundidad, el cual es ahora usado en Inglaterra. En los Estados Unidos se usan un corte en U de 5 mm. de profundidad. La adopción de una práctica común para la examinación al impacto es una necesidad obvia.

Los Standars Europeos llaman genralmente para un análisis de cuchara solamente, en contraste con los standars ASTM de los Estados Unidos, donde un análisis de revisión de una muestra de placa es requerido. Un análisis de revisión es indudablemente valuable dando un grado de

control superior a la extensión de la segregación en la placa y los errores incubiertos en la identificación del material. El examen de homogeneidad requerido por ASTM -- A-20 para calidad caja de fuego (fire box) es quizá menos útil. La muestra es muy pequeña y no es particularmente representativa. Un control sobre las discontinuidades es ejercido mejor por medio de la aplicación de exámenes ultrasónicos donde se es necesario.

#### i).- Exámenes Ultrasónicos.

Estos están siendo aplicados a una extensión creciente como un medio de detectar discontinuidades burdas, tanto por los fabricantes del acero y como por los talleres fabricantes de recipientes a presión. En Estados Unidos e Inglaterra y Japón existen especificaciones para la examinación ultrasónica de las placas. La especificación ASTM (A-435) rechaza las placas en las cuales hay una carencia total de reflexión posterior (atrás) cuando la prueba es movida más de 2 in. en cualquier dirección (Un círculo de 4 in. máximo). Estas cantidades rechazan solamente defectos burdos, y la placa puede comprarse con un recargo relativamente pequeño. La aproximación ASTM es la más práctica.

Con respecto al examen de tensión, las técnicas no difieren grandemente de país a país. Hay algunas divergencias, como para ver si es un punto de deformación superior o inferior al usado como una base para diseño. A temperaturas elevadas los valores de Resistencia a la deformación cotados en el B.S. 1501 son la deformación más baja 6 0.2% del esfuerzo de prueba (este resultado cae entre el valor para 20°C y el valor para 100°C).

#### j).- Costos.

Para obtener alguna idea de como los prácticos de fabricación del acero aquí registradas divergen ampliamente y estas afectan los costos, se han obtenido precios para una pulgada de placa en lotes de 10 ton. de un número de los grados más comunmente usados.

La tabla 11.8 muestra los grados comunes de placas de Acero al Carbón para recipientes a presión en los países bajo consideración, las propiedades enlistadas o examinadas en las especificaciones aplicadas, el tratamiento de calor, si el acero es muerto o semimuerto y el precio local en centavos de dólar por libra. En la 4a. columna - éste precio ha sido dividido por  $2/3$  del esfuerzo de deformación mínimo especificado, dando una figura aproximada para el costo de los materiales para la envolvente de recipientes cuando el espesor está dictado solamente por la presión.

Como podría esperarse, los aceros completamente muertos normalizados son más costosos por libra de peso. Por lo que, el costo por libra por unidad de esfuerzo de diseño varía muy poco, además ninguno de los aceros muestra - cualquier ventaja sobre los otros. En otras palabras, --- cuando el diseño se basa en la resistencia a la deformación, el costo adicional de hacer un acero completamente muerto puede ser compensado por el incremento de la resistencia a la deformación obtenida por el tratamiento con aluminio. Esto podría no aplicarse por supuesto, para recipientes de servicio ligero donde el espesor de pared es es tá determinado por el espesor mínimo.

## 10.- ECONOMIA EN LOS METALES PARA RECIPIENTES A PRESION.

He aquí un procedimiento numérico simple para comparar la economía relativa de la amplia variedad de placas de acero ASTM aprobados en la sección VIII del Código ASME.

Aunque los ingenieros químicos rara vez se involucran con los detalles del diseño de recipientes a presión, ellos siempre participan en los aspectos generales del diseño tales como la elección del material de construcción y de aquí que debe interesarse en la comparación del costo del metal mostrado en la tabla 11.9.

M.S.



ESPECIF. A S T M	GRADO	CEDENCIA MINIMA	RESIST. ULTIMA	ESFUERZO MAXIMO	ESPESOR MINIMO	PESO PLACA lb/ft <sup>2</sup>	PRECIOS \$/lb BASE + EXTRAS (1969)						PRECIO TOTAL \$/lb	COSTO \$/ft <sup>2</sup>
							BASE	GRADO ESPECIF.	CALIDAD QUIMICA	ANCHO	PRUEBA	TRAT. CALOR		
<b>ACEROS AL CARBON</b>														
A 36-67		36 000	58 000	12 650	0.545	22.24	6.10	0.15	—	0.55	—	—	6.80	1.51
A 113-66	C	26 000	48 000	11 050	0.625	25.50	6.10	—	0.35	0.55	0.10	—	7.10	1.81
A 283-67	C	30 000	55 000	12 650	0.545	22.24	6.10	—	—	0.55	0.10	—	6.75	1.50
A 285-66	C-FB	30 000	55 000	13 750	0.501	20.44	6.10	0.85	—	0.55	—	—	7.50	1.53
A 299-67		42 000	75 000	18 750	0.368	15.01	6.10	—	1.35	0.95	0.15	—	8.55	1.28
A 442-67	60	32 000	60 000	15 000	0.460	18.77	6.10	—	0.95	0.75	0.15	—	7.95	1.49
A 455-66	11B	36 500	63 000	18 250	0.378	15.42	6.10	1.80	—	0.75	—	—	8.65	1.33
A 515	70	38 000	70 000	17 500	0.394	16.08	6.10	1.45	—	0.75	—	—	8.30	1.33
A 516	70	38 000	70 000	17 500	0.394	16.08	6.10	1.85	—	0.75	—	—	8.70	1.40
<b>ACEROS DE BAJA ALEACION</b>														
A 202-67	B	47 000	85 000	21 250	0.325	13.26	8.65	1.80	0.55	1.55	0.10	—	12.65	1.68
A 203-67	B	40 000	70 000	17 500	0.394	16.08	8.65	4.40	0.55	1.30	0.10	—	15.00	2.41
A 203-67	E	40 000	70 000	17 500	0.394	16.08	8.65	6.45	0.55	1.30	0.10	—	17.05	2.74
A 204-67	C	43 000	75 000	18 750	0.368	15.01	8.65	2.35	0.55	1.55	0.10	—	13.20	1.98
A 225-67	B	43 000	75 000	18 750	0.368	15.01	8.65	2.25	0.55	1.55	0.10	—	13.10	1.97
A 302-67	B	50 000	80 000	20 000	0.345	14.08	8.65	3.00	0.55	1.55	0.10	—	13.85	1.95
A 357-67	Anid.	30 000	60 000	15 000	0.460	18.77	—	25.50	—	3.75	—	—	29.25	5.49
A 387-68	A	33 000	65 000	16 250	0.425	17.34	8.65	3.25	0.55	1.30	0.10	2.25	16.10	2.79
	B	33 000	60 000	15 000	0.460	18.77	8.65	3.35	0.55	1.30	0.10	2.25	16.20	3.04
	C	35 000	60 000	15 000	0.460	18.77	8.65	4.30	0.55	1.30	0.10	2.25	17.15	3.21
	D	30 000	60 000	15 000	0.460	18.77	8.65	8.40	0.55	1.30	0.10	2.25	21.25	3.98
	E	30 000	60 000	15 000	0.460	18.77	8.65	9.15	0.55	1.30	0.10	2.25	22.00	4.13
A 410-67		30 000	60 000	15 000	0.460	18.77	8.65	4.40	0.55	1.30	0.10	2.25	17.25	3.23
A 533-67	1A	50 000	80 000	20 000	0.345	14.08	8.65	2.65	0.55	1.55	0.10	3.50	17.00	2.39
	1B	50 000	80 000	20 000	0.345	14.08	8.65	3.60	0.55	1.55	0.10	3.50	17.95	2.53
	1C	50 000	80 000	20 000	0.345	14.08	8.65	4.00	0.55	1.55	0.10	3.50	18.35	2.58
<b>ACEROS TRATADOS CON CALOR</b>														
A 353-67		75 000	100 000	23 750	0.290	11.83	8.65	22.05	0.55	1.75	0.25	5.00	38.25	4.52
A 517-67	B	100 000	115 000	28 750	0.240	9.79	8.65	2.35	0.55	2.10	0.50	3.50	17.65	1.73
A 517-67	F	100 000	115 000	28 750	0.240	9.79	8.65	5.25	0.55	2.10	0.50	3.50	20.55	2.01
A 553-67		85 000	100 000	23 750	0.290	11.83	8.65	22.05	0.55	1.75	0.25	3.50	36.75	4.35
<b>ACEROS INOXIDABLES</b>														
A 240-63	304	30 000	75 000	18 750	0.368	15.21	—	43.00	—	3.75	—	—	46.75	7.11
	304L	25 000	70 000	17 500	0.394	16.29	—	51.00	—	3.75	—	—	54.75	8.92
	310	30 000	75 000	18 750	0.368	15.21	—	92.50	—	3.75	—	—	96.25	14.64
	410	30 000	65 000	16 250	0.425	17.57	—	31.75	—	3.75	—	—	35.50	6.24

43

TABLA 11.9 COSTOS COMPARATIVOS DE PLACA PARA RECIPIENTES A PRESION, ANCHO 90 in a 100 in, CARGADA A 6 900 lb/in LINEAL.

La comparación es en términos de  $\$/f+2$  de superficie de placa (esforzada, bajo presión de diseño, para carga idéntica en lb/in lineal de sección transversal).

Antes de ilustrar el uso de esta tabla, revisaremos brevemente el proceso de selección del material.

Quien ha diseñado un recipiente a presión, en concordancia con la sección VIII del Código ASME División 1, entonces se ha encarado con muchas elecciones de placas de acero aprobadas, tales son las enunciadas en los aceros utilizados para la construcción de Recipientes a Presión.

Estas tabulaciones dan los "valores máximos admitibles de esfuerzos a la tensión para varias temperaturas de servicio".

Basados en experiencias pasadas y en libros de precios, su elección quizás podría reducirse rápidamente a una media docena, o menos. La elección final puede simplificarse a uno que resulte en el costo más bajo  $\$/f+2$  de superficie de recipiente para las dimensiones elegidas de altura y de diámetro. Nosotros decimos que "Podría simplificarse" debido a que el costo relativo del metal no necesariamente indica que el costo total del recipiente. El costo total, por supuesto, involucra las variables de fabricación, a unado en el taller o erección en el campo.

Quizá como una simplificación, la experiencia pasada indica que el costo del metal es un índice real del costo total. Cuando aceros alternativos se incluyen las especificaciones del comprador, la prueba final está en los precios de la alternativa. Ejemplos de Cálculos de Costos.

Considerando el ejemplo específico de una esfera de 23 ft de diámetro, o 138 in de radio, para almacenar nitrógeno gaseoso a una presión de diseño de 100 psig, a condiciones ambientales, a un mínimo de  $-20^{\circ}\text{F}$ .

La carga de tensión mínimo dependería del valor de esfuerzo máximo admitido. Para A 285 Gr. C calidad (Caja

de Fuego) Firebox, este valor de esfuerzo es 13,750 psi - para  $-20^{\circ}\text{F}$  a  $+650^{\circ}\text{F}$ . El espesor mínimo sería entonces de 0.501 in. (a una eficiencia de junta soldada del 100%) -- tal como un radiografiado completo de soldadura a tope). Este espesor significa un peso de 20.44 lb/f+2 de superficie de placa.

El precio de éste acero, deberá incluir la "placa base" de 6.10\$ por 100 lb. (CWT), una "Asociación de especificaciones" extra de 0.85\$ por CWT. (Para grado C calidad Firebox (caja de fuego), de 1.5 in de espesor o más - bajas) y un "ancho-espesor" extra de 0.55\$ por CWT (Placas anchas de 90 a 100 in. inclusive para espesor de 1/2 in. a 1 inclusive). El espesor de 0.501 in. es una "norma", para la cual hay un extra de 0.15\$ por CWT, a menos de que el espesor se incremente para la siguiente "medida", la cual deberá ser de 0.5625 in. (con un peso de placa de 22.95 lb/f+2).

Otros extras pueden aplicarse, tales como la cantidad, el mercadeo, el estampado, el cargado, etc. pero éstos pueden evitarse - por ejemplo, al establecer un orden mínima de 20,000 lb, sin ningún mercadeo "especial", estampado o examinación.

Para la placa de 0.5", el precio base más los extras anteriormente discutidos serían un total de 7.65\$ por --- CWT. El precio de la placa de 0.5625 in. totalizaría ---- 7.50\$ por CWT. Los costos del metal adecuado serían ----- 7.65\$/lb por 20.44 lb/f+2 ó 1.72\$/f+2 indicando que éste sería el más barato, en éste ejemplo para usar la placa - más delgada y pagar la medida extra. Otros beneficios incluyen menos peso muerto, menos alambre de soldadura, menos tiempo de soldadura.

Otros posibles elecciones de aceros, además del ---- A-285 Gd. C, pueden evaluarse de la misma forma y los resultados se tabularán para la comparación y selección final.

La tabla 11.9 compara diferentes aceros, cargados a 6900 lb/in lineal, a los precios recientes y los precios extras. Los aceros están agrupados en el orden numérico - ASTM.

Puede ser interesante notar que el A-517 Gd. B alrededor de 17 centavos de \$/lb es más económico que el A 113-Gd C que ésta a 7 centavos de dólar. Por otro lado, - el A-517 a una cedencia mínima de 100,000 psi es menos -- económico que el A-285 GdC a una cedencia mínima de ---- 30,000 Psi.

Como podía sospecharse, la placa cargada de 6900 lb/in lineal (en lugar de alguna de las cargas más convencionales tales como 10,000) fué escogida para que fuese ca-pás de inclusión de A-103 Gd. C en la tabulación. El código ASME limita la recomendación de éste acero a un máximo de 0.625 in. de espesor.

El acero más económico podría verse que sea el A-299, debido a su esfuerzo de diseño admisible relativamente alto. Esto es ~~frecuentemente~~, por lo que, en favor de A-515 ó A-516, dependiendo sobre las temperaturas de operación, estos aceros facilitan la soldadura.

No siempre se tiene una amplitud de elecciones de -- aceros como en el ejemplo simple dado anteriormente - pero si hay cualquier elección del todo, la selección debe--rá basarse en el costo del metal en dólares /ft<sup>2</sup> de super--ficie de recipiente.

## 11.- DESARROLLOS FUTUROS.

Además de un incremento en la resistencia y una re--ducción del costo por unidad de resistencia de diseño, se--rán probables a lo largo de 2 líneas: Aceros tratados con aluminio y Neobio probados para temperaturas más bajas, y



el suyo de aceros apagados y templados para los rangos de temperaturas altas. El mejor tipo de acero a obtener es - incrementando la resistencia por medio de una combinación del refinamiento del grano y precipitando el templado, y hay un número de elementos capaces de producir dichos --- efectos: Aluminio, Neobio, Titanio y vanadio por ejemplo. Combinaciones de éstos elementos han producido un acero - con un esfuerzo de deformación de 45 Kg/mm<sup>2</sup> (alrededor de 64,000 Psis) el cual puede ser el mejor para aplicaciones normales. Aceros apagados y templados se producen en cantidades en aumento en los Estados Unidos y son ahora disponibles en Inglaterra.

La introducción del esfuerzo de deformación o esfuerzo de prueba a temperaturas elevadas es deseable desde el punto de vista del diseñador y esencial si los Standars son para usarse en conjunción con el Código para calderas 1.50 Especificaciones adecuadas completas deben definir - todos los aspectos significantes, incluyendo las propiedades de deformación prolongada o ruptura por la deforma---ción prolongada sobre el rango de temperaturas aplicadas y los límites aceptables para aquellas contaminaciones co nocidas que afectan a la resistencia, facilidad de fabricación ó adecuabilidad para el servicio.

Por otro lado existe una nueva técnica en cuanto a - Aceros y es la de los Aceros revestidos, que el Código -- ASME ya los menciona cosa que no sucede con el B.S. y --- JIS, y por lo tanto haremos una breve descripción de sus ventajas y servicios.

### Desarrollo de los Aceros Revestidos.

Los aceros revestidos se desarrollarán para suministrar a bajo costo una buena y conocida calidad de resis--tencia a la corrosión, resistencia a la abrasión y otros beneficios de altas aleaciones normales completamente y - de alto costo, haciendo sus ventajas más prácticas y eco--nómicas para recipientes altos, tanques, agitadores, to--

rres, cambiadores de calor, etc.

A partir de 1934 se comenzaron a fabricar para que fuesen utilizados en las industrias de los alimentos, bebidas y farmaceutica.

### Fabricación de los Aceros Revestidos.

Las placas de acero revestido se fabrican mediante un ensamble de soldadura sellada alrededor de la periferia para formar un formado de partes consolidadas, entonces es calentada y rollada para obtener las dimensiones deseadas en la placa. Este método de fabricación tiene diferentes ventajas para el fabricante y usuario del equipo terminado, tales como la ejecución de la unión revestido a respaldo, la uniformidad en el espesor de revestimiento, y la calidad y suavidad de la superficie.

Entre los tipos de Revestimiento estan.

Aceros al Cromo (serie 400)

Tipo 405

Tipo 410

Tipo 430

Aceros al Cr-Ni (serie 300)

El espesor del revestimiento se determina por los requerimientos de la aplicación; pero por razones de fabricación industrial se toma generalmente de mínimo 0.030 in.

### Propiedades de los Aceros Revestidos.

#### MECANICAS:

La resistencia a la tensión de las placas revers depende de las resistencias a la tensión de los componentes, las cuales no se alteran por el proceso del revestido y de su radio en la unión de los aceros inoxidable-reves

vestido de Níquel excede los requerimientos mínimos del -- ASME de 20,000 Psi, y están generalmente en el rango de - 35,000 a 45,000 Psi.

Los aceros revestidos se sujetan a las mismas limita- ciones de formado y en frío tal como se aplica a los mate- riales del revestido y del respaldo usados.

Los coeficientes de expansión térmica para placas de acero revestido pueden determinarse tomando el valor com- puesto basado en el porcentaje de los materiales del re- vestido y del respaldo.

#### QUIMICAS:

Los intercalados usados para fabricar aceros revesti- dos son placas o planchas de la misma composición usada - para las de norma completa, construcción de alta alea- ción, y no cambian por la operación de revestimiento.

#### 12.- CONCLUSIONES:

La variable que se utiliza como propiedad mecánica - de los materiales, ya que es la que interviene en el cál- culo del espesor, recibe diferentes nombres:

ASME: Valor de esfuerzo a la tensión máxima permitida. \*  
 JIS: Esfuerzo a la tensión permitido. W  
 BS: Resistencia de diseño. L

Otra diferencia es el manejo de las unidades de las variables anterior:

ASME Kips/in<sup>2</sup>; 1000 Kips/in<sup>1</sup> = 1f/in<sup>2</sup>  
 JIS Kgf/mm<sup>2</sup>  
 BS N/mm<sup>2</sup>

En cuanto a las temperaturas:

ASME Se utilizan °F y el rango es: -20 a 1500°F  
(-28.8 a 816°F)

BS Se utilizan °C 20°C a 480°C.

JIS Utiliza °C y el rango -196 a 800°C.

Por lo que el Jis, es el que tiene el rango de temperaturas más amplio, le sigue el ASME y por último el BS. } J.

ASME- Aceros al Carbón y de Baja Aleación.

Aceros al Carbón -20

Aceros de Baja Aleación -186

Aceros de Alta Aleación -313

BS Aceros al Carbón, C/In y de Baja Aleación.

Aceros al Carbón -20

Aceros al Carbón - Manganeso -43

Aceros de Baja Aleación -50

Aceros de Alta Aleación -47

JIS Aceros al Carbón y Aceros de Baja Aleación.

Aceros al Carbón -121

Aceros de Baja Aleación -37

Aceros de Alta Aleación; -257

De lo anterior concluimos que el ASME, es el que maneja una mayor cantidad de materiales, en total son: 611. }

El BS maneja la menor cantidad 140 materiales. }

El JIS maneja 415. }

Cabe hacer la aclaración de que el BS, maneja el mismo material pero con diferentes espesores, lo cual no sucede con los otros códigos. }

### III.- DISEÑO.

Una vez que se ha escogido el material el siguiente paso es entrar a los cálculos de diseño que es en donde se van a emplear las variables de diseño del material escogido.

Para el desarrollo de éste capítulo escogimos las fórmulas para el diseño de recipientes esféricos en vista de que esta clase de recipientes están teniendo un gran auge en la industrial petrolera y petroquímica, y en el análisis de éstas fórmulas se tomará la diferencia entre los criterios para el factor de seguridad y su repercusión en el valor del esfuerzo de diseño para diferentes materiales.

En la 2da. parte de éste capítulo desarrollamos unos ejemplos tipo para ver más claramente la diferencia en los espesores obtenidos por las fórmulas de los diversos Códigos, estos diseños son a presión interna.

Por último hacemos un análisis comparativo de las fórmulas de diseño a presión externa.

#### 1.- SEGURIDAD EN EL DISEÑO.

Cuando un ingeniero es llamado para diseñar una estructura, el deberá concentrarse no solo con la parte funcional de la estructural, aunque igual importancia se ejecutará con las provisiones adecuadas para la seguridad de la gente que usará o estará expuesta a la estructura durante su uso. Esta misma filosofía se presenta en los recipientes a presión en mayor grado que en otras estructuras debido al potencial de que el recipiente falle catastróficamente.

## PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD.

¿Qué podemos hacer nosotros para llevar la seguridad, para el problema de ingeniería?.

Para tener una razonable confiabilidad en la seguridad del Recipiente, el ingeniero de diseño, usará el último Standar sobre recipientes a presión, debiendo tomar una mirada cerrada del sistema total en el cual el recipiente será usado. El deberá obtener la información del usuario, de como precisamente va el recipiente a presión a ser usado. El deberá entender la interacción del recipiente con el sistema total.

A partir de ya algunos años se han estado usando factores de seguridad de 5 ó 6, dependiendo de las necesidades de seguridad.

Otro factor que el Ingeniero de diseño deberá considerar cuidadosamente es la relación entre la presión de Diseño y la presión máxima permisible.

El diseño de un recipiente a presión en concordancia con el Código dará bajo muchas circunstancias, una adecuada seguridad. Las propias palabras del Código, por lo tanto, las reglas "Cubren los requerimientos mínimos de construcción para el diseño, fabricación, inspección y certificación de los recipientes a presión". La palabra significante es "Condiciones mínimas". La responsabilidad última para la seguridad recae sobre el usuario y el diseñador. Ellos deberán decidir si cualquier cosa más allá de los requerimientos del Código es necesaria. El Código no puede forzar y darle todo para condiciones inusuales a las cuales un recipiente a presión es incesariamente restringido.

Si se trata de ello, la mayoría de los recipientes - podrían restringirse incesariamente. Algunas de las condiciones que un recipiente debe encontrar son: temperaturas bajas inusuales, esfuerzos térmicos inusuales, esfuer

zos térmicos inusuales, esfuerzos térmicos causados por ciclos; vibración de los recipientes altos excitados por vórtices de Von Kármán causados por viento, presiones muy altas, corridas de las reacciones químicas, sobrecalentamientos locales repetidos, explosiones, exposiciones al fuego, exposición a materiales que atacan rápidamente al metal, contenido de materiales extremadamente tóxicos y los grandes tamaños de los recipientes. Los recipientes grandes, aunque pueden contener materiales no dañinos, pueden, por su gran tamaño, causar un daño serio si ellos son calentados.

## 2.- COMPARACION DE LAS FORMULAS PARA RECIPIENTES ESFERICOS SUJETOS A PRESION.

### a).- Introducción:

a.1 Objetivo.- En virtud de las discrepancias existentes en los espesores de recipientes sujetos a presión, calculados en diferentes Códigos en vigor, en diferentes países, es conveniente hacer un estudio comparativo y analizar los factores que intervienen en las fórmulas de diseño que directamente pueden afectar dichos espesores.

Las fórmulas analizadas corresponden a los siguientes Códigos:

ASME VIII División 1	Norteamericano
B.S. 5500 1976	Británico
JIS B 8243 1975	Japonés

a.2 Estudio generalizado de las fórmulas.- Los Códigos mencionados basan su cálculo de espesores en la siguiente fórmula fundamental.

$$t = \frac{P \cdot D}{4 \sigma_a} \quad (a.1)$$

Donde:

$t$  = Espesor  
 $P$  = Presión de Diseño  
 $D$  = Diámetro de la Esfera  
 $\sigma_a$  = Esfuerzo admisible del material empleado.

En ésta fórmula la presión de Diseño y el diámetro - del recipiente, son constantes en el diseño específico, - no importa el Código empleado, no así el esfuerzo admisible el cual es función de la resistencia del material y - del factor de seguridad empleado en cada caso.

Por otra parte, las fórmulas de diseño consignadas - en los Códigos, aunque basadas en la fundamental (a.1) di fieren de ella en algunos aspectos, por las modificacio-- nes al considerar:

Eficiencia de la soldadura  
 Factor de Corrosión  
 Calidad del material, etc.

Las fórmulas de diseño, tal como se presentan en los diferentes códigos son:

$$\text{ASME Div. 1} \quad t = \frac{PR}{2SE - 0.2p} \quad (\text{Pag. 15, UG27}) \quad (a.2)$$

$$\text{B.S. 5500} \quad t = \frac{PD_i}{4f - 1.2p} \quad \delta \quad (a.3)$$

$$t = \frac{PD_o}{4f + 0.8p} \quad (a.4)$$

$$\text{Jis B 8243} \quad t = \frac{PD_i}{400 \sigma_{an} - 0.4p} \quad \begin{array}{l} t/D_i \leq 0.178 \delta \\ p \leq 100 \delta \sigma_{an}/1.5 \end{array}$$

$$t = \frac{D_i}{2} \frac{2(100 \sigma_{an} + p)}{200 \delta \sigma_{an} - p} - 1; \quad \begin{array}{l} t/D_i > 0.178 \delta \\ p > 100 \delta \sigma_{an}/1.5 \end{array}$$

De las expresiones anteriores:

- S = Esfuerzo máximo admisible (ASME)  
 f = Esfuerzo admisible Nominal (BS)  
 Do = Diámetro Exterior mm (BS)  
 P = Presión de diseño  
 Di = Diámetro interior de la esfera  
 Óa = Esfuerzo admisible del material  
 E = Eficiencia de soldadura  
 R = Radio interno in (ASME)  
 η = Eficiencia de junta soldada (%)  
 δ = Esfuerzo permitido K/mm<sup>2</sup> (Japonés)

Siendo óa el esfuerzo admisible del materia un factor de importancia por los criterios adoptados para su determinación en cada uno de los códigos enumerados, es necesario establecer, mediante un análisis de dichos criterios, algunas comparaciones entre los distintos valores del mencionado esfuerzo y fijar su aplicación en las fórmulas de diseño.

Como se ve en cada país adoptan una manera propia de llamar al esfuerzo admisible, nosotros tomaremos el de óa

NOTA: Debido a que en la fórmula del JIS la presión está dada en Kg/cm<sup>2</sup> y que el esfuerzo admitido se dá en Kg/mm<sup>2</sup> en las fórmulas de diseño se introduce un factor de 100 - para hacer la conversión de mm<sup>2</sup> a cm<sup>2</sup> ya que 1 cm<sup>2</sup> = 100 mm<sup>2</sup>.

## b).- Esfuerzos admisibles.

b.1 Determinación.- El esfuerzo admisible del material de construcción para recipientes puede fijarse en la sig. -- forma:

(a).- Como un porcentaje del punto de cedencia.

Este porcentaje controla varios factores tales como: la exactitud como se estiman las cargas, la precisión de los esfuerzos calculados en éstas cargas, la uniformidad del material, el riesgo de ocurrencia de fallas y ---

otras consideraciones como concentraciones locales de esfuerzos, impacto, fatiga y corrosión.

(b).- Como un porcentaje del esfuerzo último de tracción.

Este criterio ha sido adoptado por la carencia de una zona plástica en los materiales frágiles, tales como el hierro fundido, o la carencia de un punto de cedencia bien definido como sucede en la mayoría de los metales no ferrosos. Sin embargo, en éste último caso, se puede obtener un valor de cedencia que corresponda a una deformación específica permisible. Por ejemplo, el método equivalente del 0.2% usado con frecuencia, el cual consiste en dibujar sobre el diagrama esfuerzo - deformación, una recta paralela a la línea representativa de la región elástica, desde un punto tomado en el eje de las deformaciones, igual al 0.2% del alargamiento y su intersección con la curva del diagrama se toma como un punto de cedencia; el valor del esfuerzo correspondiente se lee en el eje de las "Y".

Las curvas esfuerzo - deformación del hierro fundido no indican punto de cedencia y ocurriendo la fractura al esfuerzo último, es necesario basar el esfuerzo admisible para éste material y en general para los materiales frágiles en dicho esfuerzo. Debido al gran uso que se hacía -- hace algunos años del hierro fundido, la costumbre de basar el esfuerzo admisible en la resistencia última, fué -- muy generalizada aún para aquellos materiales con punto de cedencia bien definidos. Algunos Códigos para recipientes a presión, aún usan un factor de seguridad de 4,3, -- etc. basados en la resistencia última, para la determinación del esfuerzo de trabajo. La costumbre antigua, de -- aplicar un factor de seguridad al esfuerzo último no justifica seguir usando este procedimiento. Cuando se espera que pueda ocurrir una falla debida o una deformación plástica, deberá de usarse el esfuerzo de cedencia como una base para la determinación de los esfuerzos admisibles. Sin embargo, si se diseña un recipiente de acuerdo con un determinado código, el procedimiento especificado en el mismo tendrá que respetarse.

Es oportuno señalar que el esfuerzo de trabajo máximo admisible no siempre se establece en base al esfuerzo último. El criterio establecido por los Códigos que se mencionan en el presente trabajo, es el siguiente:

b.2 ASME VIII Div. 1 (Apéndice P Sección UA-500 A temperaturas inferiores a los del rango de deformación, prolongada (Creep), el máximo esfuerzo admisible para los materiales ferrosos y no ferrosos, es el menor valor de los obtenidos en la siguiente forma:

(1) 1/4 de la resistencia última mínima especificada a la temperatura ambiente.

(2) 1/4 de la resistencia última a la temperatura de diseño.

(3) (a) En materiales ferrosos

5/8 del esfuerzo de cedencia mínimo especificado a la temperatura ambiente.

(b) En materiales no ferrosos:

2/3 del esfuerzo de cedencia mínimo especificado a la temperatura ambiente.

(4) (a) En materiales ferrosos.

5/8 del esfuerzo de cedencia a la temperatura de diseño

(b) En materiales no ferrosos:

2/3 del esfuerzo de cedencia a la temperatura de diseño.

Expresado en otra forma:

$\sigma_a$  = Esfuerzo admisible

$\sigma_y$  = Esfuerzo de cedencia

$\sigma_u$  = Esfuerzo último

En materiales ferrosos, a cualquier temperatura de diseño, incluyendo la ambiental, el menor valor dado por las siguientes expresiones:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{4} \quad \text{ó} \quad \sigma_a = \frac{\sigma_y}{1.6} \quad (2.1)$$

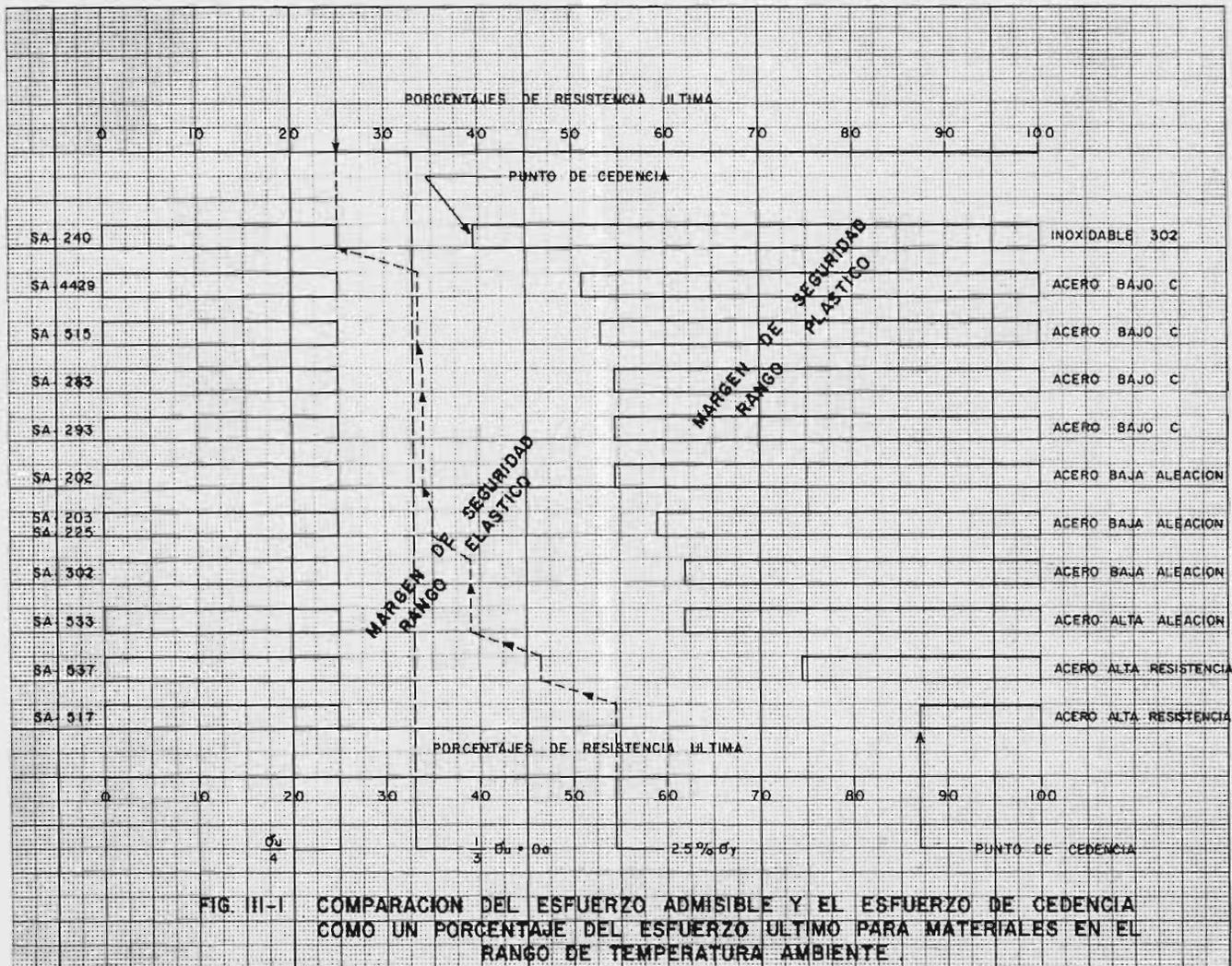
En materiales no ferrosos, en las mismas condiciones:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{4} \quad \text{ó} \quad \sigma_a = \frac{\sigma_y}{1.5} \quad (2.2)$$

Tomando el menor valor.

Zick ha mostrado gráficamente (fig. III.1) los esfuerzos admisibles y los de cedencia para varios materiales especificados en los códigos ASME VIII, división 1, como funciones de porcentaje del esfuerzo último. En los materiales no ferrosos incluidos en la gráfica, se han calculado sus esfuerzos admisibles en base a los 2/3 del esfuerzo de cedencia ( $\sigma_y/1.5$ ), los cuales son menores que 1/4 del esfuerzo último. Los materiales ferrosos muestran un σ basado en el esfuerzo último ( $\sigma_u/4$ ), el cual resulta menor que los 5/8 del esfuerzo de cedencia ( $\sigma_y/1.6$ ) excepto en el acero inoxidable SA-240 tipo 302, el cual satisface ambos criterios (1/4 del esfuerzo último y 1/1.6 del de cedencia). La línea punteada quebrada marca precisamente el porcentaje de  $\sigma_a$  del último esfuerzo calculando  $\sigma_a$  como los 5/8 ó 62.5% del esfuerzo de cedencia. Obsérvese en la gráfica que cuando los aceros van siendo de más alta resistencia, el esfuerzo admisible adoptando el criterio de un factor de seguridad aplicado a  $\sigma_y$  se va alejando del  $\sigma_a$  con el criterio de  $\sigma_u/4$ . En otras palabras, las relaciones  $\sigma_a/\sigma_y$  y  $\sigma_a/\sigma_u$  van discrepando más y más a medida que aumenta la resistencia de los aceros.

Un esfuerzo admisible basado en el punto de cedencia, supone que una falla ocurre por deformación plástica. Si se espera que la falla ocurre por ruptura, más bien que por una excesiva deformación plástica, el empleo de la última resistencia como un criterio para la determinación del esfuerzo admisible, puede tener justificación en base a que la fatiga límite que controla la falla por ruptura es, generalmente, proporcional a la resistencia última. Debería notarse que la falla por ruptura, raramente ocurre en recipientes fabricados con aceros de bajo carbón, aprobados por los Códigos y con alto índice de --



ductilidad.

### b.3 Código BS 5500

Este Código usado en Inglaterra para el diseño de recipientes a presión, establece los siguientes criterios para la determinación del esfuerzo admisible: (L.3.1) 42.55% del esfuerzo último ( $\sigma_u/2.35$ ) ó tomando para un material dado, como esfuerzo admisible de diseño, el menor de los 2 valores. La gráfica de la fig. III.2 muestra la comparación de  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  como porcentaje de  $\sigma_a$  en 2 materiales ingleses. Con respecto al Código inglés obsérvese que hay una relación más estrecha entre los esfuerzos admisibles con respecto al esfuerzo de cedencia y al último, si bien, los materiales estudiados no son precisamente de resistencia muy alta. El material Bs-1503-213 Gr.32 apenas tiene  $\sigma_u$  igual a 5050 Kg/cm<sup>2</sup> y un  $\sigma_y$  de 3310 Kg/cm<sup>2</sup>

### b.4 Código JIS. B 8243 1975

(2.3. Pág. 8 del código).

Aquí se encuentra lo relativo a los esfuerzos permitidos de los materiales.

El criterio básico para obtener el esfuerzo de tensión admitido a la temperatura de diseño arriba del rango de deformación prolongada es el siguiente:

Para materiales ferrosos (excepto Fe fundidos, aceros fundidos o forjados, materiales para tornillos y los materiales de acero que tienen propiedades más altas que las especificadas en JIS 6 3115 y JIS 6 3126) se tomará el valor más pequeño de los siguientes:

- (1) 1/4 de la resistencia a la tensión mínima a la temperatura ambiente.
- (2) 1/4 de la resistencia a la tensión mínima a la temperatura de diseño.
- (3) 1/1.6 del punto de cedencia mínimo ó 0.2% de la resistencia a la cedencia a la temperatura ambiente.
- (4) 1/1.6 del punto de cedencia ó 0.2% de la resis--

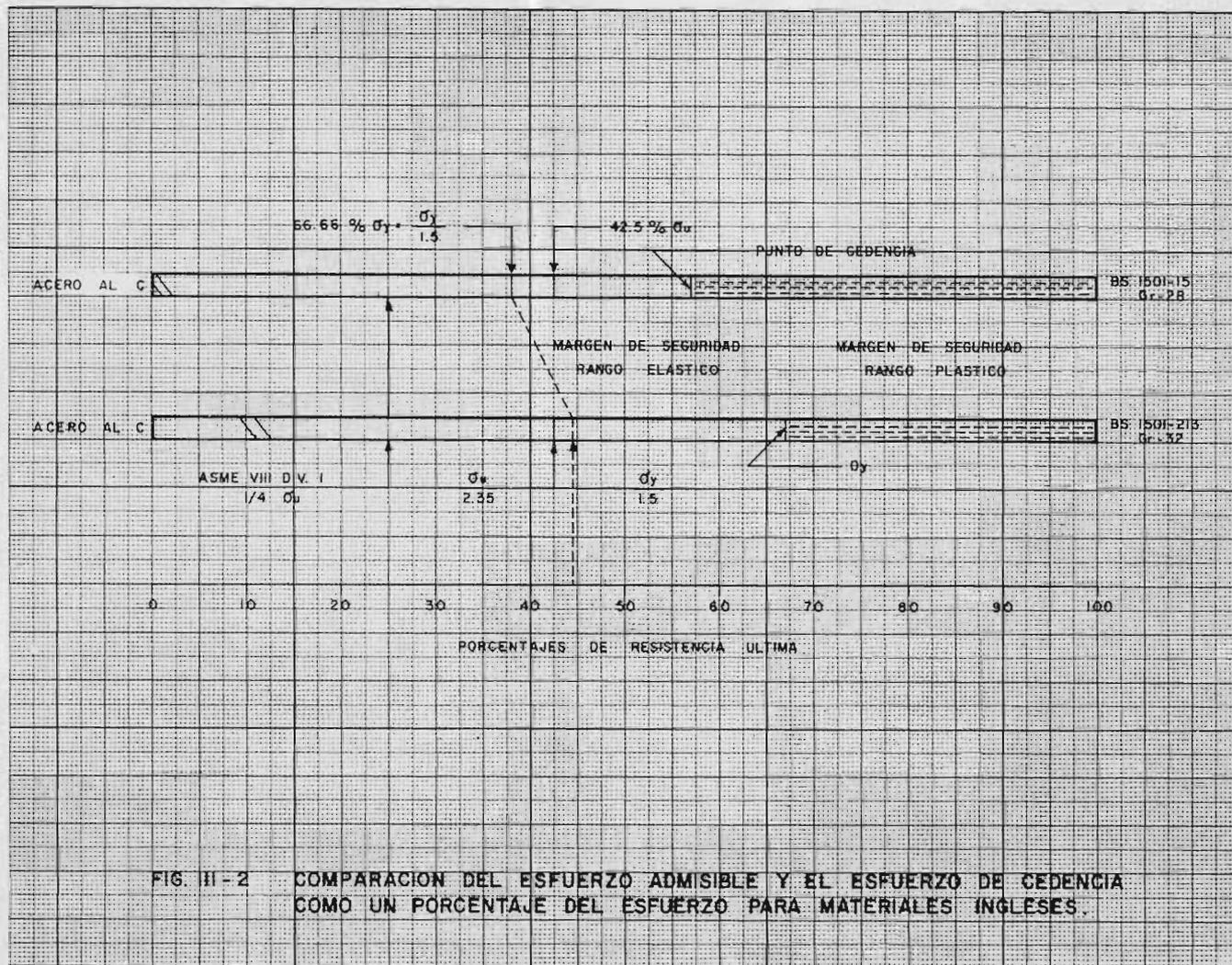


FIG. II-2 COMPARACION DEL ESFUERZO ADMISIBLE Y EL ESFUERZO DE CEDENCIA COMO UN PORCENTAJE DEL ESFUERZO PARA MATERIALES INGLESSES.

tencia a la cedencia. Por lo que, 90% de! 0.2% - de la resistencia a la cedencia puede tomarse pa ra los aceros inoxidables austeníticos donde li geras deformaciones son aceptables en las partes usados.

c).- Factores de Seguridad.

Los factores de seguridad con respecto al esfuerzo - de cedencia en los diferentes códigos son los siguientes partiendo de la base de criterio:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{F.S.}$$

ASME Los criterios para adoptar el esfuerzo admitido en - función del esfuerzo de cedencia  $\sigma_s$  que:

$$\sigma_a = 5/8 \sigma_y$$

Nosotros queremos encontrar el F.S. así que de la ecua--- ción anterior:

$$\sigma_a = \left( \frac{1}{F.S.} \right) (\sigma_y) = 5/8 \sigma_y$$

Despejamos F.S.

$$F.S. \quad 5/8 \quad \sigma_y = \sigma_y$$

$$F.S. = \frac{\sigma_y}{\sigma_y} \quad \frac{8}{5}$$

$$F.S. = \frac{8}{5} = 1.6$$

B.S. Los criterios para adoptar el esfuerzo admitido en - función del esfuerzo de cedencia es:

$$\sigma_a = .6666 \sigma_y$$

$$\sigma_a = \frac{1}{F.S.} \sigma_y = .666 \sigma_y$$

JIS F.S. = 1.6

CODIGO	ASME Div. 1	B.S.	JIS
F.S.	1.6	1.5	1.6

El factor de seguridad más bajo es el del B.S. el --- ASME y JIS tienen exactamente el mismo.

Ahora el factor de seguridad de acuerdo a la resistencia última es:

Partiendo de la base de Criterio.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{F.S.}$$

ASME. Los criterios para adoptar el esfuerzo admitido en función de la resistencia última es que:

$$\sigma_a = 1/4 \sigma_u$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{F.S.} = \frac{\sigma_u}{4} \therefore F.S. = 4$$

B.S. El criterio es:

$$\sigma_a = 4255 \sigma_u$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{F.S.} = 4255 \sigma_u; F.S. = \frac{1}{4255}$$

$$F.S. = 2.35$$

JIS. El criterio es.

$$\sigma_a = 1/4 \sigma_u$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{F.S.} = \frac{\sigma_u}{4} \therefore F.S. = 4$$

CODIGO	ASME Div. 1	B.S.	JIS
F.S.	4	2.35	4

Aquí también el factor de seguridad es menor para el B.S.

d).- Estudio de la Gráfica Comparativa de esfuerzos admisibles, en los diferentes Códigos.

d.1 Objetivo.- Hata ahora hemos estudiado los distintos - criterios establecidos en los diferentes Códigos para la determinación del esfuerzo admisible de diseño, cuyos valores se calculan en base a factores de seguridad con respecto al esfuerzo de cedencia o al último esfuerzo. Es conveniente determinar la ley de variación de  $\sigma_a$  en cada uno de los Códigos en uso, en función de F.S.,  $\sigma_y$  y  $\sigma_u$  con objeto de establecer comparaciones.

d.2 Desarrollo de la Gráfica.

Se calculará una gráfica adimensional a fin de obtener curvas dependiente iniforme, las ordenadas representan valores de la relación  $\sigma_a/\sigma_y$  y las absisas los correspondientes de la relación  $\sigma_y/\sigma_u$ .

En lo que sigue,  $\sigma_a$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_u$  representan como siempre los los esfuerzos; Admisible, de cedencia y último de un material. F.S. y el factor de seguridad con respecto a  $\sigma_y$  F.S. u , el referido al esfuerzo último. Estableceremos las siguientes relaciones entre  $\sigma_a/\sigma_y$  y  $\sigma_y/\sigma_u$ .

(a).- Con respecto al factor de seguridad referido al esfuerzo de cedencia, tendremos:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{F.S.} \quad (d.1)$$

$$\frac{\sigma_a}{\sigma_y} = \frac{1}{F.S.} = \text{Constante} \quad (d.2)$$

(b).- Con el criterio de aplicar un factor de seguridad - respecto al esfuerzo último.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_u}{F.S. \cdot u} \quad (d.3)$$

También:

$$\begin{aligned} &= \frac{\sigma_y}{\sigma_u} = r \quad \delta \\ \sigma_u &= \frac{\sigma_y}{r} \quad (d.4) \end{aligned}$$

Reemplazando en (d.3)

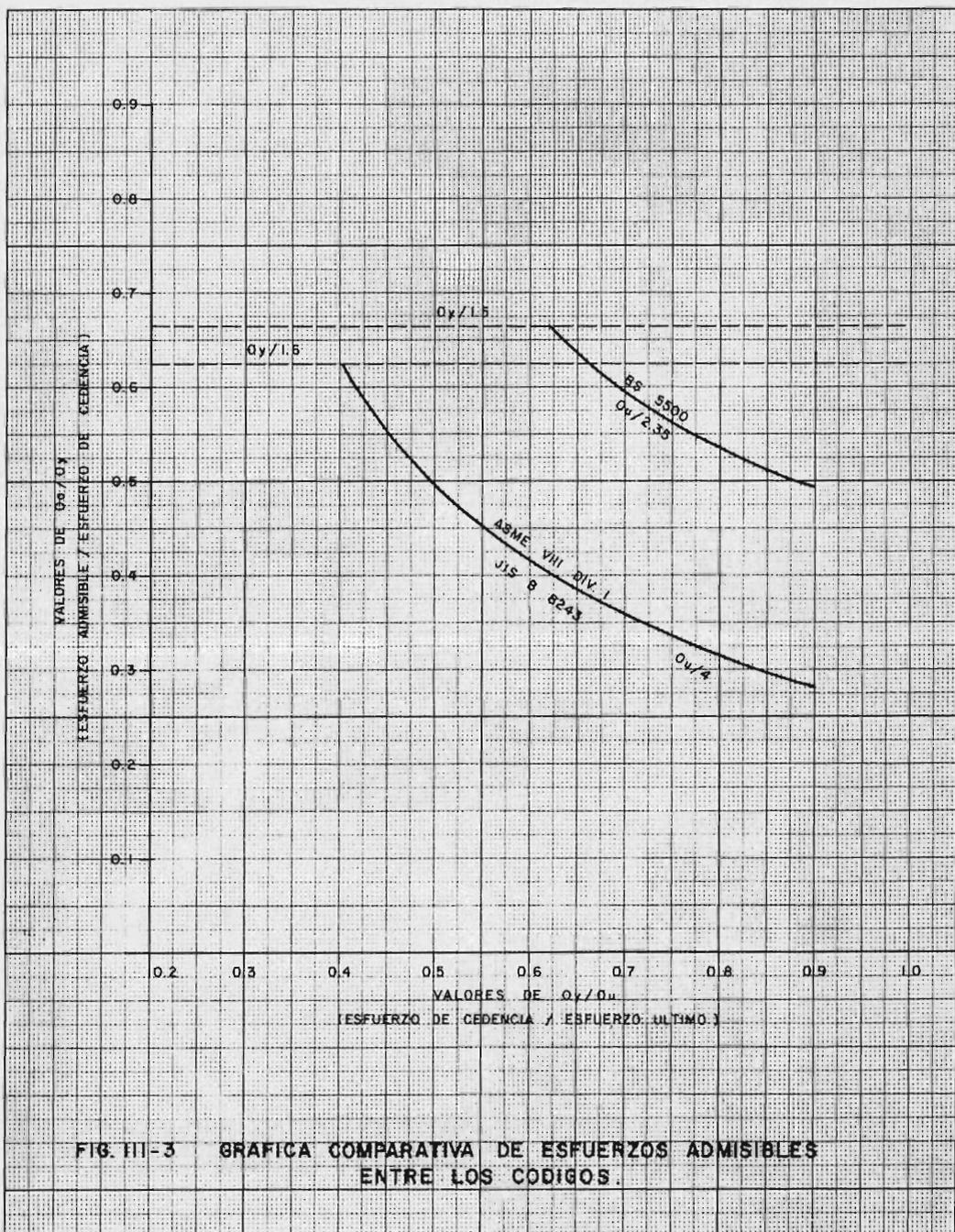
$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\sigma_y}{F.S. \cdot ur} \quad o \\ \frac{\sigma_a}{\sigma_y} &= \frac{1}{F.S. \cdot ur} = \frac{1}{F.S. \cdot u \cdot \sigma_y/\sigma_u} \quad (d.5) \end{aligned}$$

La ecuación (d.5) representa una curva de 2º; específicamente una hipérbola de la fórmula  $X \cdot Y = K$ .

Tabulando las funciones (d.2) y (d.5) para los criterios establecidos en los distintos códigos y graficando - (Fig. III-3) se observan las 2 partes bien definidas de - que constan, la primera muestra valores de esfuerzos admisibles constantes como porcentajes del esfuerzo de cedencia y la segunda muestra la ley de variación de dicho esfuerzo admisible también en porciento de  $\sigma_y$  con la variación de la relación  $\sigma_y/\sigma_u$ .

Para determinar exactamente el punto de intersección de las curvas con las rectas, igualamos las ecuaciones -- (d.1) y (d.5).

$$\frac{1}{F.S. \cdot y} = \frac{1}{F.S. \cdot u \cdot \sigma_y/\sigma_u} \quad \delta$$



$$\frac{\sigma_y}{\sigma_u} = \frac{F.S. y}{F.S. u} \quad (d.6)$$

### d.3 Estudio de la Gráfica Comparativa.

Un examen más amplio de la gráfica (Fig. III-3) nos permite establecer la relación entre los esfuerzos admisibles deducidos de los dos criterios adoptados, tomando como base el esfuerzo último o el de cedencia de los materiales, para los distintos códigos.

#### (1) ASME VIII Div. 1

En éste código, se observa la máxima discrepancia entre ambos criterios, sobre todo en los materiales de mayor resistencia (valores altos de  $\sigma_y$  y por lo tanto  $r$ ). Tomando por ejemplo el material de denominación ASTM-A-517 6rF, con un valor de  $r$  de casi 0.87, el esfuerzo admisible  $\sigma_a$  vale apenas 0.29  $\sigma_y$ , mientras que con el criterio de  $\sigma_y$  el código acepta para  $\sigma_a$  un valor de 0.625  $\sigma_y$  (más del 100% de diferencia). En cambio para materiales de menor resistencia, digamos con un valor de  $r$  de 0.5, la diferencia entre los esfuerzos admisibles entre ambos criterios, es sensiblemente bajo, del orden de 25%. Por lo tanto podemos establecer que el código ASME Div. 1 es de un carácter muy conservador en materiales de alta resistencia.

(3) El código Inglés B.S. 5500 es entre los que especifican el doble criterio, el más uniforme en su funcionamiento. Basta observar la posición de la curva  $\sigma_a = f(\sigma_u)$  con la recta representativa del esfuerzo admisible en función de  $\sigma_y$ .

(4) Como un dato informativo, se indica la gráfica de esfuerzos admisibles para tanques de almacenamiento cilíndricos verticales de techo fijo cónico, diseñados de acuerdo con la especificación API. El factor de seguridad se toma en este caso igual a 1.66 con respecto al límite elástico del material.

e).- Gráficas Comparativas de Diseño.

## e.1 Objeto.

Para tener una idea más definida respecto a la bondad de cada uno de los códigos estudiados, se calculan a continuación un grupo de gráficas siguiendo los criterios establecidos en ellos, en lo que se refiere a factores de seguridad y características de resistencia de los materiales de especificación. Se emplea la fórmula fundamental de diseño en todos los códigos.

## c.2 Materiales.

En la tabla III.1 se indican las características de resistencia de algunos de los mejores materiales ferrosos especificados en los distintos códigos.

TABLA III.1

DENOMINACION	$\sigma_y$ Kg./Cm.	$\sigma_u$ Kg./Cm.	$\frac{\sigma_y}{\sigma_u} = r$	$\sigma_{ay}(1)$ Kg./Cm.	$\sigma_{au}(2)$ Kg./Cm.	PAIS DE ORIGEN
ASTM-A-299	2812	5273	0.533	1758	1318	MEXICO
ASTM-A-515-70	2672	4922	0.542	1670	1231	MEXICO
ASTM-A-517-F	7030	8086	0.868	4686	2022	E.U.
ASTM-A-537-B	3137	5273	0.748	2464	1318	E.U.
JIS6 3103 SB 42	2300	5000	0.46	1437	1250	JAPON
JIS6 3103SB 49 M	2700	6000	0.45	1687	1500	JAPON
B.S. 1501-213-32	3310	5050	0.655	2207	2149	INGLATERRA.
FINE GRAIN STEEL	3600	5400	0.667	2400	2298	FRANCIA

$$(1) \sigma_{ay} = \frac{\sigma_y}{F.S. y} \quad (2) \sigma_{au} = \frac{\sigma_u}{F.S. u} \quad (3) \sigma_a \text{ con respecto a } \sigma_y$$

La tabla III.2 muestra los valores del esfuerzo admisible de diseño de los materiales enlistados en la tabla III.1 calculados de acuerdo a la especificación consignada en los diferentes códigos.

TABLA III.2

MATERIAL	PAIS DE ORIGEN	$\sigma_a$ Kg/Cm <sup>2</sup>		
		ASME VIII Div.1	B. S. 5500	JIS B 8243
ASTM-A-299-B	MEXICO	1318	1875	1318
ASTM-A-515-70	MEXICO	1231	1781	1231
ASTM-A-537-F	E.E.U.U.	2022	3441	2022
ASTM-A-537-B	E.E.U.U.	1318	2091	1318
JIS6 3103 S.B.42	JAPON	1250	2127	1250
JIS6 3103 S.B.49M	JAPON	1225	2085	1225
BS 1501-213-32	INGLATERRA	1263	2149	1263
FINE GRAIN STEEL	FRANCIA	1350	2298	1350

e.3 Se estudian 2 tipos de gráficas. El primero, se refiere a una esfera de 15,000 barriles de capacidad (2 385 m<sup>3</sup>) con diámetro de 16.60 m. y se determina la variación de la presión de diseño con los espesores. Resultan funciones lineales de acuerdo con la fórmula general.

$$p = \frac{4 \sigma_a}{D} \cdot t$$

La gráfica correspondiente al segundo tipo, estudia la variación que sufren los espesores del material para diferentes capacidades de almacenamiento.

e.3.1 En la gráfica No. III.4 se tomó el material nacional ASTM A 515 Gr.70, aplicando sus valores de  $\sigma_a$  de la tabla III.2 en los diferentes códigos. Obsérvese que este material es aplicable económicamente solo a esferas con almacenamientos a baja presión, también, la posición más favorable de los códigos Británicos, con respecto al Japo-

nes y la ASME.

e.3.2 Para elaborar la gráfica III.5 se tomó un material de resistencia media, el B.S. 1501 213-32 de Inglaterra.

Nótese como se abaten los espesores de material principalmente en el código británico. Nuevamente, el ASME -- VIII Div. 1 resulta ser el más conservador.

e.3.3 La tercera gráfica (N. III6) del primer tipo, corresponde a materiales disponible en varios países cuyas características se derivan de su propio código. Aquí se ha incluido uno de los materiales de alta resistencia: el ASTM A-517 70 norteamericano.

Aunque estos materiales dan resultados muy satisfactorios con respecto a espesores, su uso es muy restringido por variass razones, entre otras, el alto costo unitario del material, dificultades para la fabricación y soldadura y en el caso del A-517, la aplicación complicada - del código ASME en su división II, encareciendo de costos de análisis, diseño y fabricación, ésta última etapa, por exigir el código un estricto control de la misma.

e.4. Para estudiar la variación de espesores en diferentes capacidades de esferas correspondientes al segundo tipo de gráficas hemos tomado una presión específica de diseño de 16 Kg/cm<sup>2</sup> en el rango de altas presiones y materiales disponibles en países consignados en la Tabla --- III.1, con sus valores de  $\sigma_a$  de acuerdo con el código -- respectivo del examen de la gráfica III.7 se desprenden - algunas consideraciones de importancia (a). El bajo rendimiento de los materiales nacionales A 515, A-299 y el material Francés Fine grain Steel 54/36 con la aplicación - del Código ASME VIII Div. 1. Se hizo una aplicación de -- las características de este último material en el Código Inglés y se logra una reducción en el espesor del mate--- rial en el orden del 40.8% en una esfera de 15,000 barriles de capacidad. (b) Los materiales y Códigos Japonés, - Inglés exhiben espesores dentro de la zona de no relevado de esfuerzos para capacidades altas (c) Lógicamente, los

kg/cm<sup>2</sup>

PRESION DE DISEÑO P

VARIACION DE LA PRESION CON LOS ESPESORES  
ESFERA DE 15.000 BARRILES DE CAPACIDAD  
DIAMETRO = 15.60 m  
MATERIAL A-515-70  
 $\sigma_y = 2672 \text{ kg/cm}^2$      $\sigma_u = 4922 \text{ kg/cm}^2$

ZONA DE ALTA PRESION  
ZONA DE BAJA PRESION

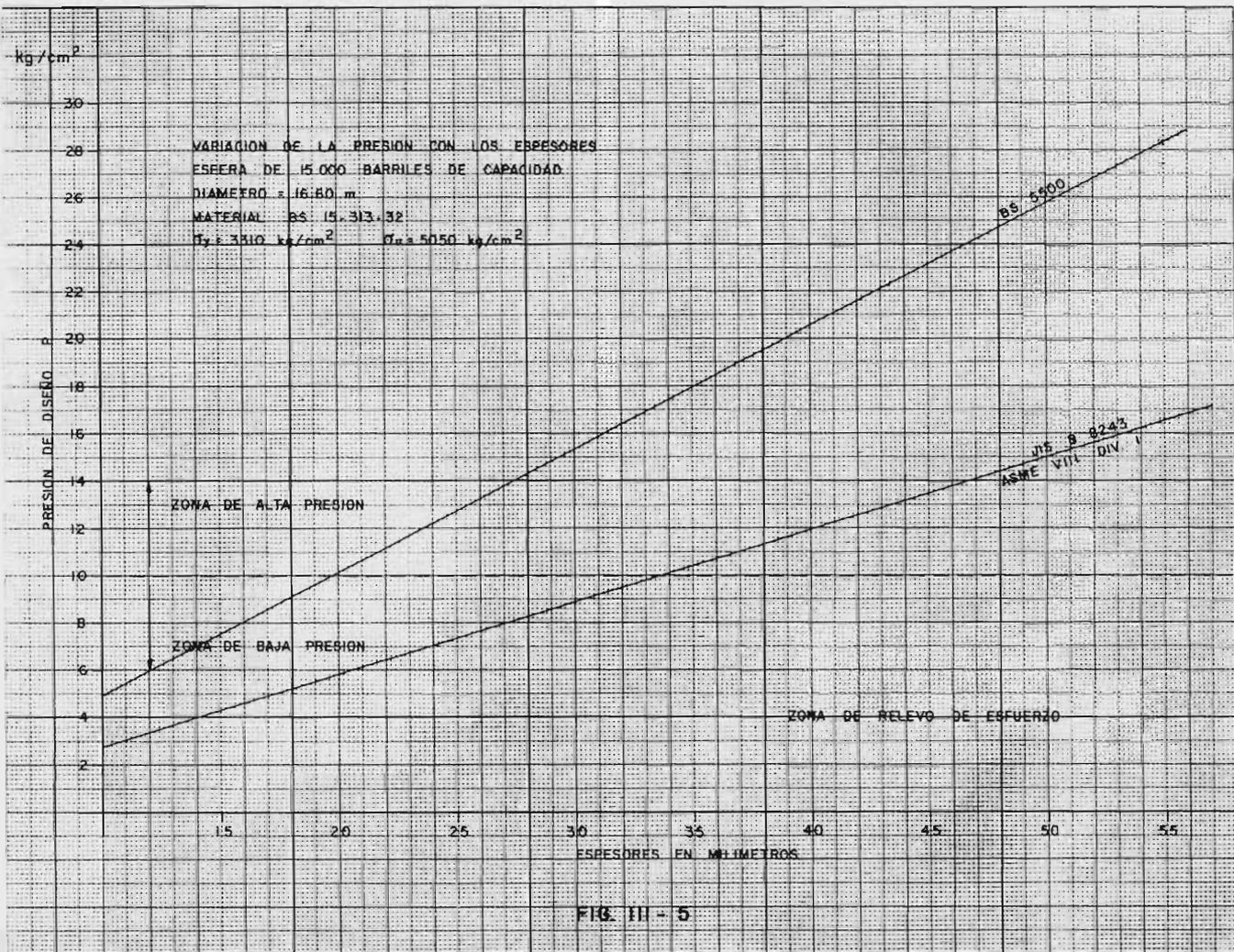
ZONA DE RELEVO DE ESFUERZO

BS 5500 AD

ASME VIII DIV I  
JIS G

10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50 52 54 56  
ESPESORES EN MILIMETROS

FIG. III - 4



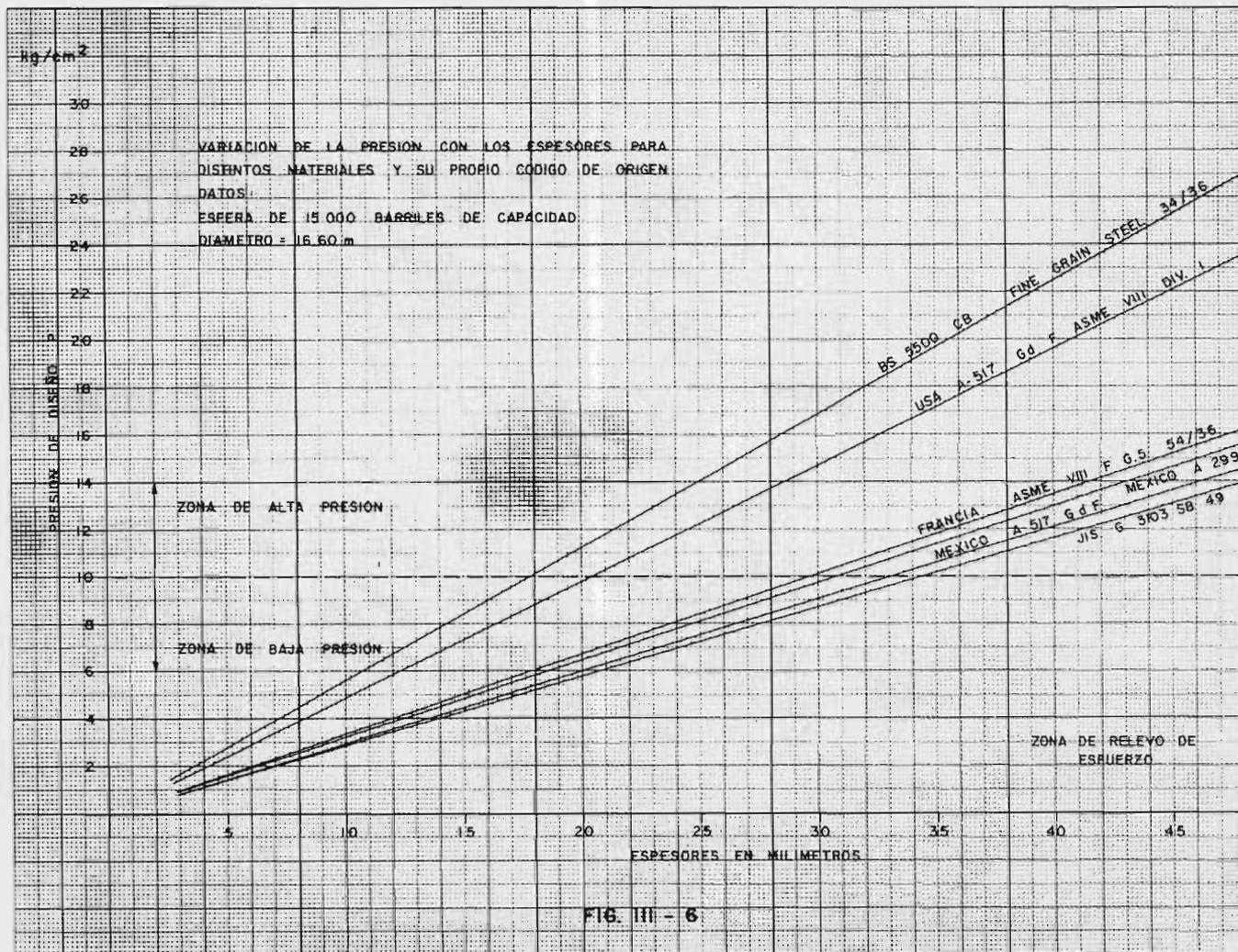


FIG. III - 6



materiales que logran espesores mínimos siguen siendo -- los de alta resistencia, el A-517 norteamericano, pero como se indica antes, su uso está sujeto a condiciones más severas.

En las gráficas III.4, III.5, III.6 y III.7 hemos indicado el espesor límite de 38 mm. a partir del cual se -- requiere relevar de esfuerzos al recipiente soldado ya -- instalado. Esto requiere una técnica especial que por sus características, es antieconómica, incrementando el costo total de la instalación, por lo que es conveniente no excederse de dicho material.

### 3.- APLICACION Y COMPARACION DE LAS FORMULAS EN PROBLEMAS TIPO A PRESION INTERNA.

Para el desarrollo de los fines perseguidos utilizareremos un problema el cual desarrollaremos por cada fórmula de diseño según el Código.

#### a).- Recipiente Cilindrico.

Problema tipo:

Cálculo del espesor de placa para un tanque cilíndrico horizontal cuyas especificaciones generales son:

Tanque cilíndrico horizontal: 1632 mm. D int.x7162-PR

Presión de Diseño: 20 Kg/cm<sup>2</sup> (286 Psig)

Espesor por corrosión: 1/16"

Tratamiento térmico: Ninguno

Temperatura de diseño: 0° 100°C (32°F-212°F.)

Radiografiado: Cuerpo: por puntos; Cabezas: total

Sustancia a almacenar: hidrógeno

Sand- Blast: Por el exterior

Pintura: Anticorrosiva por el exterior

Presión de prueba (hidrostática): 30 Kg/cm<sup>2</sup>

Calidad de la placa: A-515-70

ASME

De acuerdo al A-515-70 tenemos las siguientes propiedades: (tabla UCS-23, pág. 122).

Deformación mínima Especificada: 38,000 Psi

Tensión mínima especificada: 70,000 Psi

Esfuerzo máximo permitido ó Esfuerzo de Diseño a la Temperatura de diseño (212°F): 17-500 Psi.

La composición nominal de la placa es C-Si, se escogió este acero de baja aleación porque no tiene problemas de corrosión con la substancia a almacenar y es fabricado en México.

Cálculo del Espesor de las Cabezas:

(Pag. 227, Parte UA-4, Código ASME Sección VIII-Div. 1 1974).

1).- Cabezas Toriesferica:

$$T = \frac{P L M}{2SE - 0.2P}$$

Donde:

- P Presión de Diseño Kg/cm<sup>2</sup>
- L Radio de Corona ó abombado
- R Radio de Núcleo
- S Esfuerzo de diseño
- E Eficiencia de Junta
- M Factor que depende de las proporciones de la tapa, - L/r. (Se lee en la tabla U.A. 4.2), pág. 228).

Sustitución de Datos:

Primero calcularemos  $M = \frac{L}{r}$

$$\begin{aligned} L &= 80\% \text{ del diámetro interior del recipiente} \\ &= 51.4'' \end{aligned}$$

$$r = 10\% \text{ del Diámetro interior del recipiente} \\ = 6.425''$$

$$M = \frac{51.4}{6.425} = 8$$

Lléndose a la tabla UA-4.2

$$M = 1.46$$

Sustituyendo:

$$t = \frac{286 \text{ Psi} \times 51.4'' \times 1.46}{2 \times 17.500 \text{ Psi} \times 1 - 0.2 \times 286 \text{ Psi}}$$

$$t = \frac{21\,462.584}{34942.8} = 0.6142''$$

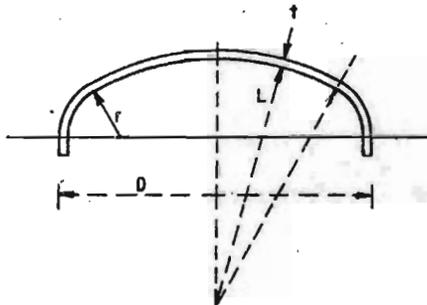
$$t = 0.6142'' = \frac{5}{8}''$$

Esesor por Corrosión  $1/16'' = 0.0625''$

$$t = 0.6142'' + 0.0625'' = 0.6767''$$

$$t \cong 1 \frac{1}{16}''$$

CABEZA TORIESFERICA  
(Fig UA-4 (6) Pag. 226)



2).- Cabeza elíptica.

$$t = \frac{PDK}{2SE - 0.2 P.}$$

K = Factor que depende de las proporciones de la tapa -- que es  $\frac{D}{2h}$

h = 1/2 de la longitud del eje menor de la tapa elíptica, ó la profundidad interior de la tapa elíptica medida desde la línea tangencial.

$$h = 12 \text{ in.}$$

( De la tabla UA-4.1 Pág. 228 )

$$\frac{D}{2h} = \frac{64.25}{24} = 2.7$$

$$K = 1.55$$

SUSTITUYENDO:

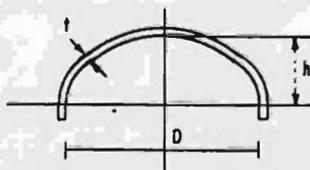
$$t = \frac{286\text{Psi} \times 64.25'' \times 1.55}{2 \times 17500 (1) - 0.2 (286)} = \frac{28482.025}{34942.8}$$

$$t = 0.815'' \approx \frac{13''}{16}$$

Espesor por Corrosión  $\frac{1''}{16}$

$$t = \frac{13''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{14''}{16} = \frac{7''}{8}$$

CABEZA ELIPSOIDAL  
(Fig. UA-4 (a) Pág. 226)



3).- Cabeza Semiesférica.

$$t = \frac{PL}{2S_e - 0.2 P.}$$

SUSTITUYENDO:

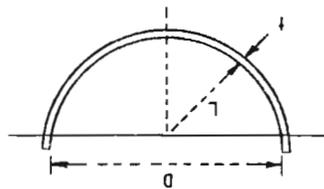
$$t = \frac{286 \text{ Psi} \times 51.4''}{2 \times 17,500 \text{ Psi} - 0.2(286)} = \frac{14700.4}{34.942.8}$$

$$t = 0.4206'' \approx \frac{7''}{16}$$

$$t \text{ Corrosión} \quad \frac{1''}{16}$$

$$t = \frac{7}{16} + \frac{1}{16} = \frac{8}{16} = \frac{4''}{8} = \frac{1''}{2}$$

CABEZA SEMIESFERICA  
(Fig. UA-4 (c) Pág. 226)



Conclusión de las tapas:

$$\text{Cabeza toriesférica} = \frac{5''}{8}$$

$$\text{Cabeza Elipsoidal} = \frac{7''}{8}$$

$$\text{Cabeza Semiesférica} = \frac{4''}{8}$$

A nuestro criterio escogeríamos la tapa toriesférica por las siguientes razones:

- 1).- Por ser un espesor promedio entre las 3
- 2).- Por facilidad en su formado

ESPESOR DE LA PLACA DEL CUERPO.  
(Pág. 14, UG-27)

Esfuerzo circunferencial (Juntas longitudinales)

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P}$$

De donde:

R = Radio interno

P = Presión de diseño

S = Esfuerzo de diseño

E = Eficiencia por juntas.

Se va a utilizar el mismo material usado en las cabezas o sea el A-515 6d 70.

SUSTITUYENDO:

R = 42.125

P = 286 Psig.

S = 17500 Psig. (tabla UCS-23 Pág. 122)

E = 0.85 (tabla UW-12 Pág. 74 examinación por puntos)

$$t = \frac{286 \text{ Psig} \times 42.125}{17,500 \text{ Psig.} \times 0.85 - 0.6 \times 286} = \frac{9187.75}{14703.4}$$

$$t = 0.624'' \approx \frac{10}{16}$$

$$t = \text{Corrosión} \frac{1''}{16}$$

$$t = \frac{10''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{11''}{16}$$

NOTA: El cliente por lo regular pide sobrado el espesor.

B.S.

Seguiremos usando el mismo problema tipo.

Tanque cilindro Horizontal cuyas especificaciones son:

Tanque cilíndrico horizontal: 1632 mm. Dint. x 7162 PR.

Presión de Diseño: 20 Kg/cm<sup>2</sup> (286 Psig)

Espesor por corrosión: 1/16"

Tratamiento Térmico: Ninguno

Temperatura de diseño: 0°-100°C (32°F-212°F)

Radiografiado: Cuerpo: por puntos, cabezas: total

Sustancia a almacenar: hidrógeno

Sand. Blast: por el exterior

Pintura: anticorrosiva por el exterior

Presión de prueba hidrostática: 30 Kg-cm<sup>2</sup>

Calidad de placa 1501, 213-32

Para escoger un acero equivalente al A 515-70 usado en el ASME:

a).-

$$\sigma_y \text{ A-515-70} = 2672 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_u \text{ A-515-70} = 4922 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_y \text{ BS-1501-213-32} = 3310 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_u \text{ BS-1501-213-32} = 5050 \text{ Kg/cm}^2$$

Se acercan mucho sus resistencias sobre todo la  $\sigma_u$  que es la base para obtener  $\sigma_a$ .

b).- Es uno de los materiales más usados para la construcción de Recipientes a presión.

c).- Es un acero al Carbón y C-Mn.

Propiedades (tabla 2.3. valores de resistencia de diseño N/mm<sup>2</sup>).

B.S. 1501-213-32 (Pág. 2/7 Tabla 2.3)

$$\begin{aligned} \text{Resistencia M\u00ednima a la tensi\u00f3n } 4.94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} &= 5050 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \\ &= 77.55 \frac{\text{Kips}}{\text{in}^2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Resistencia de dise\u00f1o (100\u00b0C \u00f3 212\u00b0F)} &= 192 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \\ &= 1959 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \\ &= 28 \frac{\text{Kips}}{\text{in}^2} \\ &= 28,000 \text{ Psis} \end{aligned}$$

C\u00e1lculo del espesor de la Cabeza.  
(3.5.2. Cabezas p\u00e1g. 3/4).

#### LIMITACIONES:

Las siguientes limitaciones de dise\u00f1o se aplicar\u00e1n a las tapas de los recipientes a presi\u00f3n.

- a).- Extremos hemiesf\u00e9ricos  $0.002 D \leq e \leq 0.16 D$
- b).- Extremos El\u00edpticos  $0.002 D \leq e \leq 0.08 D$   
 $h_e \geq 0.018 D$
- c).- Tapas toriesf\u00e9ricas:  $0.002 D \leq e \leq 0.08 D$   
 $r \geq 0.006 D$   
 $r \geq 2$   
 $R \geq D$

Pazos para el C\u00e1lculo:

- a).- Calcular  $\frac{P}{f}$  de la presi\u00f3n de dise\u00f1o  $p$  y el esfuerzo de dise\u00f1o del material escogido  $F$ .
- b).- Se entra a la figura 3.5.2.3. con \u00e9ste valor, se ---

lee. hasta la línea apropiada  $h_e/D$  para la forma de tapa propuesta y entonces se cruza el eje  $e/D$  para el valor correspondiente de  $e/D$ .

c).- Se multiplica por  $D$  para obtener el espesor de la ta pa.

Nomenclatura:

$e$  = espesor mínimo calculado después del formado ó abombado, excluyendo el espesor admitido.

$D$  = Diámetro externo de la tapa

$R$  = Radio esférico interior para las tapas toriesféricas;

$r$  = Radio de núcleo interior para tapas toriesféricas;

$h_e$  = Profundidad de la tapa medida en su superficie externa desde el plano de unión de la parte abombada con la parte cilíndrica pero en ningún caso será mayor de  $D^2/4(R+c)$  ó  $\sqrt{D(R+c)}/2$  cualesquiera que sea el menor.

$p$  = Presión de diseño

$f$  = Esfuerzo de diseño nominal:

1).- Cabeza toriesférica

a).- Calcular  $\frac{p}{f} = \frac{\text{presión de diseño}}{\text{esfuerzo de diseño}}$

$$p = 20 \text{ Kg/cm}^2 = 1.96 \text{ N/mm}^2$$

$$f = 1959 \text{ Kg/cm}^2 = 1.92 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{p}{f} = \frac{1.96}{1.92} = 0.0102$$

b).- Se entra a la fig. (3.5.2.3)

$$h = 12 \text{ in. (supuesta)} = 37.4 \text{ mm.}$$

$D$  = Usaremos diámetro interno por ser una especificación así dada por el ejemplo del ASME.

$$\frac{h_e}{D} = \frac{37.4 \text{ mm}}{1632 \text{ mm}} = 0.0229 \approx 0.023$$

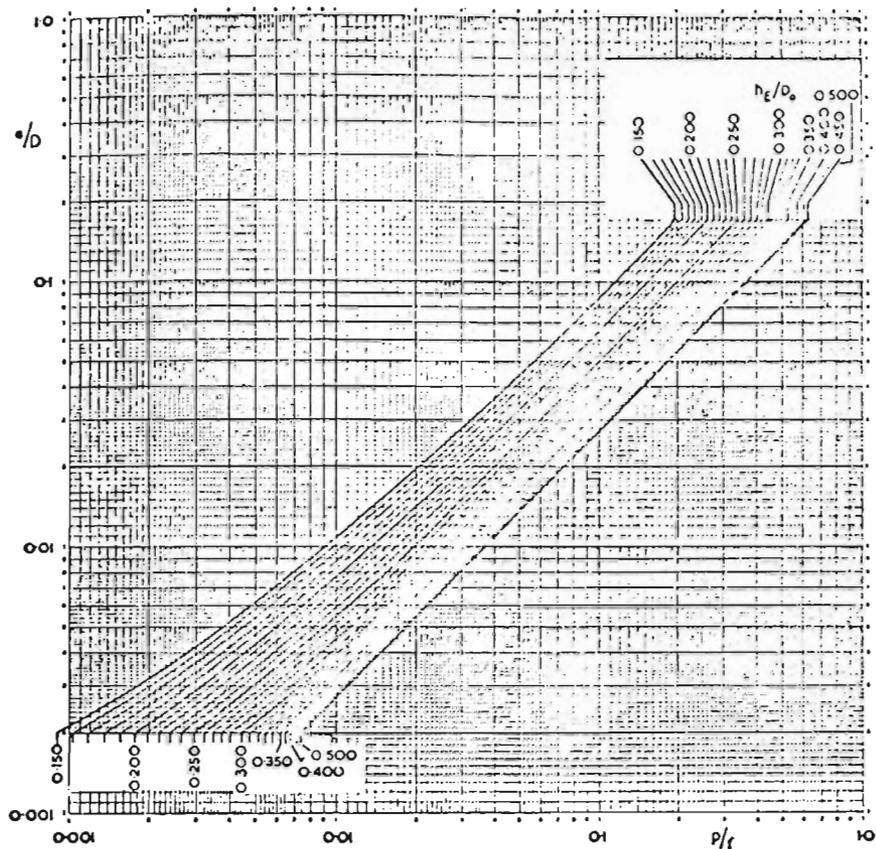


FIG. 3.5.2.3 CURVAS DE DISEÑO PARA TECHOS Y FONDOS NO AGUJERADOS.

Se lee en la inmediata superior en éste caso es 0.15

$$\frac{D}{f} = 0.0102$$

$$\frac{e}{D} = 0.011$$

c).-  $E = 0.011 \times 1632 \text{ mm} = 17.95 \text{ mm}.$

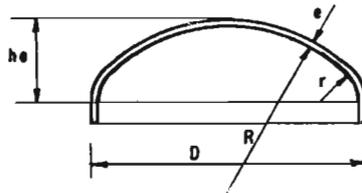
$$e = 17.95 \text{ mm.} = 0.706 \text{ in.} = \frac{22}{32} = \frac{11}{16}$$

Espesor por corrosión  $\frac{1}{16}$

$$e = \frac{11}{16} + \frac{1}{16} = \frac{12}{16}$$

$3.264 \text{ mm} \leq 17.95 \text{ mm} \leq 130.56 \text{ mm}$   
Si cumple.

CABEZA TORIESFERICA  
(Fig. b Pág. 3/5.-)



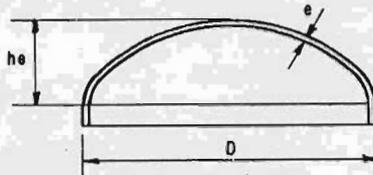
he. no debe ser mayor  $\frac{D^2}{4(R+c)} = 502.85$

$he = 37.4 \text{ mm} < 50285 \text{ mm}.$   
Si se cumple.

El espesor de la cabeza, es el mismo para cualquier forma la elección será en base a la dificultad y costo ---

del proceso de formado y ya es acuerdo entre comprador y fabricante.

CABEZA ELIPTICA  
(Fig. a Pág. 3/5)



NOTA: El B.S. trae 2 casos para el cálculo de tapas:

- 1.- Tapas con hoyos
- 2.- Tapas sin hoyos

Espesor de la placa del Cuerpo.

(3.5.a Envoltentes cilíndricos y esféricos ecuaciones --- 3.5.1. 2 (a)).

$$e = \frac{pD_i}{2f - p} \quad \text{ó} \quad e = \frac{pD_o}{2f + p}$$

NOMENCLATURA:

p = presión de diseño  
 $D_i$  = Diámetro interno  
 $D_o$  = Diámetro externo  
 f = Esfuerzo de diseño

Sustituyendo datos:

$$e = \frac{p D_i}{2f - p} = \frac{1.96 \text{ N/mm}^2 \times 1632 \text{ mm}}{2(192 \text{ N/mm}^2) - 1.96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$e = 8.37 \text{ mm} = 0.33'' = \frac{5''}{16}$$

e por corrosión 1/16''

$$e = \frac{5''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{6''}{16}$$

JIS:

Se usará como material JIS G 3103 Clase 4 Notación - SB 49, este se utiliza para Calderas y recipientes a presión para servicio a altas temperaturas.

Propiedades (Tabla 2.4 Pág. 17)

Resistencia Mínima a la tensión = 49 Kg/mm<sup>2</sup>

Esfuerzo de diseño (100°C) = 12.3 Kg/mm<sup>2</sup>

49 ≈ 49.22 Kg/mm<sup>2</sup> ASME AS-515 6d 70

Cálculo del Espesor de las Cabezas 5.3 (1) Pág. 3

1).- Cabezas Hemiesféricas o Toriesféricas Sin aberturas para compensarse.

$$t = \frac{PRW}{2000N - 0.2P}$$

Donde:

t = Espesor calculado en mm.

p = Presión de diseño Kg/cm<sup>2</sup>

R = Radio interior de Corona para la tapa toriesférica o radio interior para tapa semiesférica mm.

W = Factor basado en la forma del abombado determinado - por la fórmula siguiente.

$$W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

Donde:

r = Radio interior del núcleo de la tapa toriesférica en mm.

σ<sub>a</sub> = Resistencia a la tensión permitida Kg/mm<sup>2</sup>

N = Eficiencia de junta (exclusiva de la unión tapa-en-volvente). De uno (1) para tapas sin costura.

Sustitución de Datos:

$$t = \frac{20 \text{ Kg/cm}^2 \times 1305.56 \text{ mm.} \times 1.457}{200 (12.3 \text{ Kg/mm}^2) 1 - 0.2 (20 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$t = 15.5 \text{ mm} = .61'' = \frac{10''}{16}$$

$$W = \frac{1}{4} \left( 3 + \sqrt{\frac{1305.56 \text{ mm}}{163.2 \text{ mm}}} \right) = 1.457$$

w = 1 Para las hemiesféricas

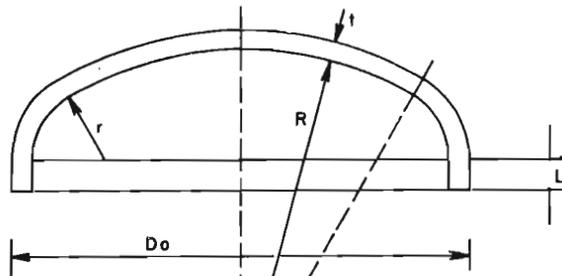
t = corrosión 1/16

$$t = \frac{1''}{16} + \frac{10''}{16} = \frac{11''}{16}$$

CABEZA TORIESFERICA

(Pág. 1 - Fig. a)

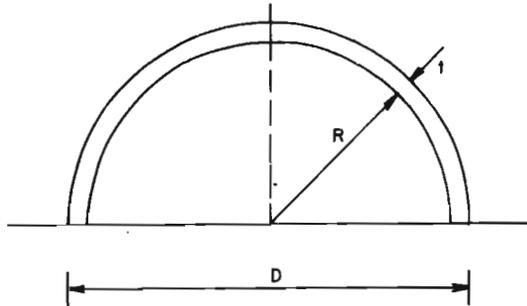
Parte 5.



CABEZA HEMIESFERICA

(Pág. 1 Fig. e)

Parte 5.



2).- Cabeza Semielíptica.

$$t = \frac{PDK}{200 \text{ baN} - 0.2p}$$

Donde:

K = Es el factor basado en la forma de la elipse determinado por la fórmula siguiente:

$$K = \frac{1}{6} \left[ 2 + \left( \frac{D}{2h} \right)^2 \right]$$

h = Es el eje menor de la elipse medida en la superficie interior de la tapa mm.

$$h = 12 \text{ in.} = 304.8 \text{ mm.}$$

$$K = \frac{1}{6} \left( 2 + \frac{(1632 \text{ mm})^2}{(2 (304))^2} \right) = 1.528$$

SUSTITUYENDO:

$$t = \frac{20 \text{ Kg/cm}^2 \cdot x \cdot 1632 \text{ mm} \cdot 1.528}{200 (12.3 \text{ Kg/mm}^2) - 0.2 (20 \text{ Kg/cm}^2)}$$

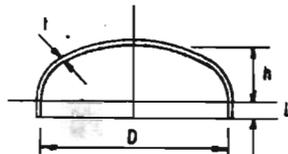
$$t = 20.3 \text{ mm} = 0.8'' \approx \frac{13''}{16}$$

Espesor por corrosión:

$$t = 1/16''$$

$$t = 1/16'' + \frac{13''}{16} = \frac{14''}{16} = \frac{7''}{8}$$

CABEZA SEMIELIPSOIDAL  
(Pág. 1 Fig. (d)) parte 5



3).- Cabeza Hemiesférica. Es igual a la toriesférica solo  
 $W = 1$

$$t = 10.538 \text{ mm} = 0.48'' = 7/16''$$

Espesor de la placa de Cuerpo: (Pág. 1. parte 4 (a))

$$t = \frac{P D_i}{200 a N - 1.2P} \quad \text{ó} \quad t = \frac{P D_o}{200 a N + 0.3P}$$

$$N = 0.85 \text{ (tabla 12.2 pág. 12-5)}$$

$$t = \frac{20 \text{ Kg/cm}^2 \times 1632 \text{ mm}}{200 (12.3 \text{ Kg/mm}^2) 0.85 - 1.2 (20 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$t = 15.78 \text{ mm} = 0.622'' \approx \frac{10}{16}$$

$$t = \text{corrosión } 1/16''$$

$$t = \frac{10''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{11''}{16}$$

b).- Recipiente Esférico.

Especificaciones Generales:

Capacidad = 400 m<sup>3</sup>

Diámetro interior: 9.14 mts. = 359.84''  $\approx$  360''

Presión de Diseño: 50 Psig.

Espesor por corrosión: (1/16'')

Tratamiento térmico: Placa cuerpo normalizado

Temperatura de diseño: 0 --100°C (32°F - 212°F)

Rdiografiado: 100%

Sustancia a almacenar: O<sub>2</sub> de propileno

Escalera helicoidal

Sand Blast: por el interior de la obra

Pintura exterior: no

ASME:

(UG-32 Pág. 21 Código ASME Sección VIII Div. 1 1974)

Cabezas hemisféricas:

$$t = \frac{PL}{2S_e - 0.1P}$$

Utilizaremos el material A-515-70 (tabla UCS-23 Pág. 122).

P = Presión diseño + Presión hidrostática = 50 + 13 Psig.

L = Radio interno de la esfera = 180"

S = Esfuerzo de diseño = 17,500

E = Eficiencia de Junta = 1

Presión hidrostática:

Tomando una columna de agua de 9.14 m. máxima con un tanque inundado.

$$9.14\text{m} \times 3.28 \frac{\text{FT}}{\text{m}} \times 0.433 = 12.98 \text{ Psig} \approx 13$$

P = 50 Psig + 13 = 63 Psig.

$$t = \frac{63 \text{ Psig} \times 180}{2 \times 17,500 \times 1 - 0.2 \times 50} = \frac{11340}{34990} = \frac{0.324''}{1} \approx \frac{6''}{16}$$

t = corrosión 1/16"

$$t = \frac{6''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{7''}{16}$$

B.S. TANQUE ESFERICO:

Utilizaremos el mismo problema que el utilizado en - el caso para el ASME. (3.5.1.2 (b))

$$e = \frac{p D_i}{4f = 1.2p} \quad \delta \quad 2 = \frac{p D_o}{4f + 0.8p}$$

P = Presión de diseño + presión hidrostática

D<sub>i</sub> = Diámetro interno

f = Esfuerzo de diseño

$$P = 63 \text{ Psig} = 0.434 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$D_i = 180 \text{ in} = 4572 \text{ mm}$$

$$S = 192 \text{ N/mm}^2$$

$$e = \frac{0.434 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 9140 \text{ mm}}{4 \times 192 \text{ N/mm}^2 - 1.2 \left(0.344 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right)}$$

$$e = 5.16 \text{ mm} = 0.2'' = \frac{3''}{16}$$

e corrosión 1/16''

$$e = \frac{3''}{16} + \frac{1''}{16} = \frac{4''}{16}$$

JIS:

Tanque esférico JIS 6 3103 Cl.4 Not.SB49 Envoltente Esférico.

$$t \leq D_i \leq 0.178 \text{ ó } P \leq 100 \text{ } \sigma_a N / 1.5$$

$$t = \frac{P D_i}{400 \sigma_a N - 0.4p}$$

$$P = 50 \text{ Psig} = 0.344 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3.52 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P = 63 \text{ Psig} = 0.434 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4.43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 12.3 \text{ Kg/mm}^2$$

$$t = \frac{(4.43 \text{ Kg/cm}^2 \times 9140 \text{ mm})}{400 (12.3 \text{ Kg/mm}^2) (1) - 0.4(3.52 \text{ Kg/cm}^2)}$$

$$t = 8.23 \text{ mm} = 0.32 \text{ in} \approx 6/16''$$

t corrosión 1/16''

$$t = 1/16'' + 6/16'' = 7/16''$$

← 125

TABLA III-3

ESPEORES DE PLACA PARA UN TANQUE  
CILINDRICO HORIZONTAL.

PAIS	CODIGO	MATERIAL	ESPEOR ENVOLVENTE (SIN ESPEOR POR CORROSION) IN.	ESPEOR TAPAS (SIN ESPEOR POR CORROSION) IN.		
				TORRI- ESFERICA	ELIPTICA ó SEMIELIPTICA	SEMI- ESFERICA
E.E.U.U.	ASME VIII Div. 1	SA 515 Gd 70	10/16"	5/8"	13/16"	7/16"
INGLATERRA	B.S. 5500	1501-213-32	5/16"	11/16"	11/16"	11/16"
JAPON	JIS B 8243	JIS G 3103 C14 Not. 49	10/16"	10/16"	13/16"	7/16"

TABLA III-4

ESPEORES DE PLACA PARA UN TANQUE  
ESFERICO

PAIS	CODIGO	MATERIAL	ESPEOR ENVOLVENTE (SIN ESPEOR POR CORROSION) IN.
E.E.U.U.	ASME VIII Div. 1	A-515 Gd 70	6/16"
INGLATERRA	B.S. 5500	1501-213-32	3/16"
JAPON	JIS B 8243	JIS G 3103 C14 Not. 49	6/16"

#### 4.- COMPARACION DE LAS FORMULAS Y METODOS DE RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA.

En el punto anterior se vio como los 3 códigos utilizan una ecuación que se podría considerar como general, puesto que la única variable en dicha ecuación es el valor de esfuerzo de diseño admitido.

Por otro lado veremos a continuación que los recipientes sujetos a presión externa no siguen una ecuación general o método entre B.S. y JIS - ASME.

ASME:

Recipientes sujetos a Presión Externa.

La presión externa en cilindros y tapas puede causar colapsos ya sea de inestabilidad elástica o bien de cedencia plástica. Los recipientes encaquetados están sujetos a presión externa. Muchos recipientes pueden accidentalmente sujetarse a presión externa (vacío interno) por el bombeo por los cambios de temperatura durante la operación. Por lo cual se debe diseñar adecuadamente.

Los procedimientos de diseño para presión externa están dados en la sección VIII Div. 1 del Código ASME en los párrafos UG-28, 29, 30 y 33. Ellos se refieren a una serie de 35 gráficas que se encuentran en el apéndice V. Cada gráfica se aplica a uno o diferentes metales.

ASME.

Cálculo de tapas bajo presión Externa.

Las tapas helicoidales sujetas a presión externa se calcula igual a como se calcula el espesor de una envoltura esférica sujeta a presión externa.

También las demás tapas son calculadas de ésta forma. Mas solamente la diferencia es el uso de un valor apropiado de  $L_i$ .

Fig. UHA-28.1

SECTION VIII - DIVISION 1 PRESSURE VESSELS

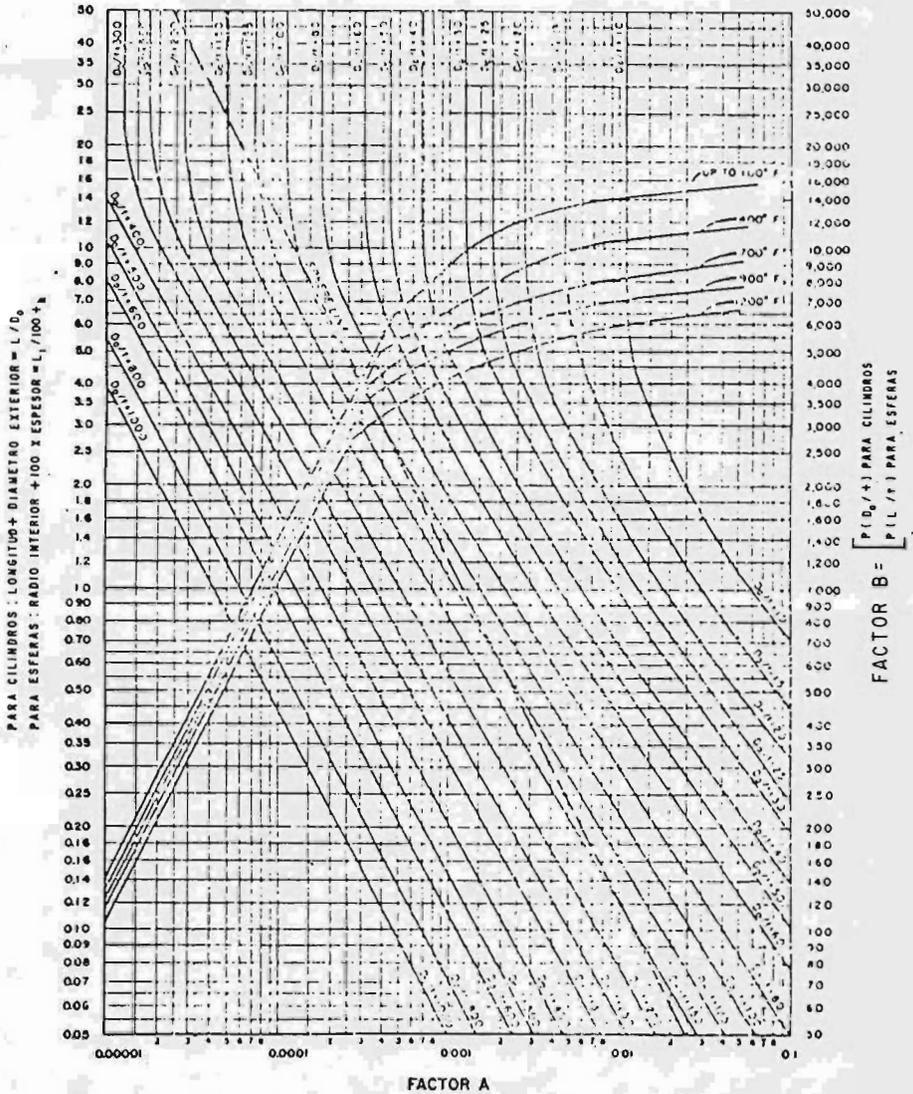


FIG. UHA-28.1 CARTA PARA DETERMINAR ESPESORES DE ENVOLTENTES DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS BAJO PRESION EXTERNA CUANDO SON CONSTRUIDOS DE ACERO AUSTENITICO.

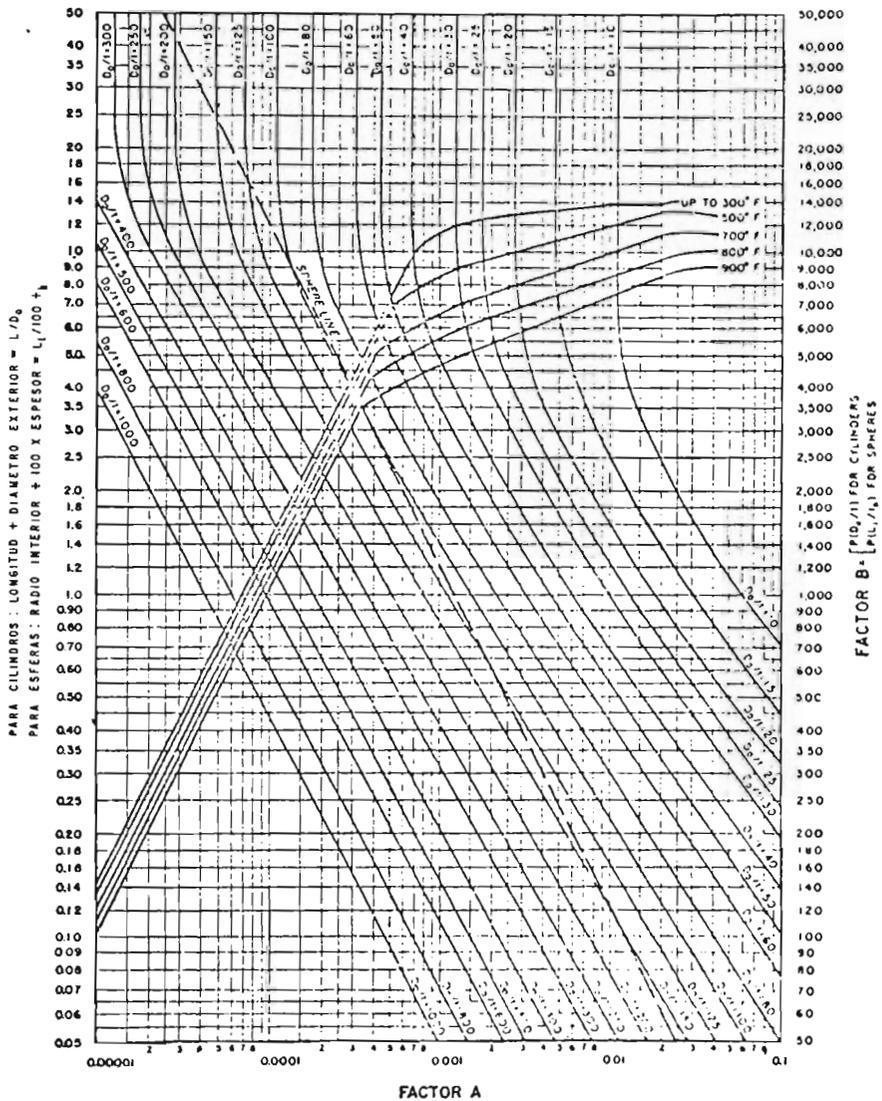


FIG. UCS-28.1 CARTA PARA DETERMINAR ESPESORES DE ENVOLTENTES DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS BAJO PRESION EXTERNA CUANDO SON CONSTRUIDOS DE ACERO AL CARBON (Resistencia-Mínima Especificada 24,000 psi, pero no incluyendo 30,000 psi)

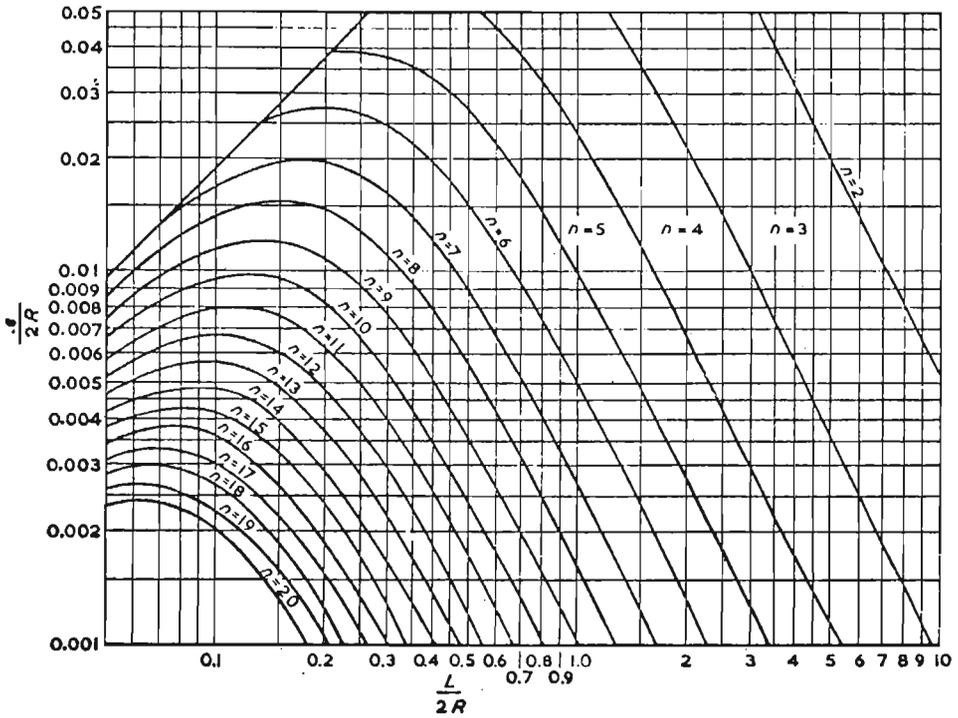
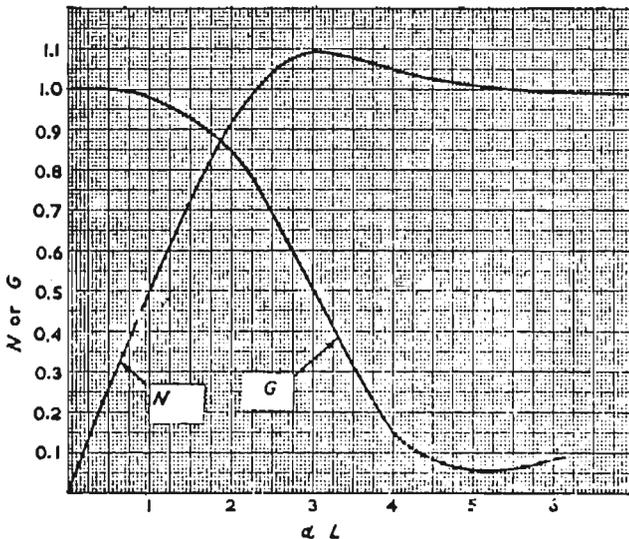


FIG. 3.6(1) CURVAS DE DISEÑO: CALCULO DE ESPESOR DE ENVOLVENTE MINIMO- (VALOR DE n PARA CUANDO K ES UN MINIMO).



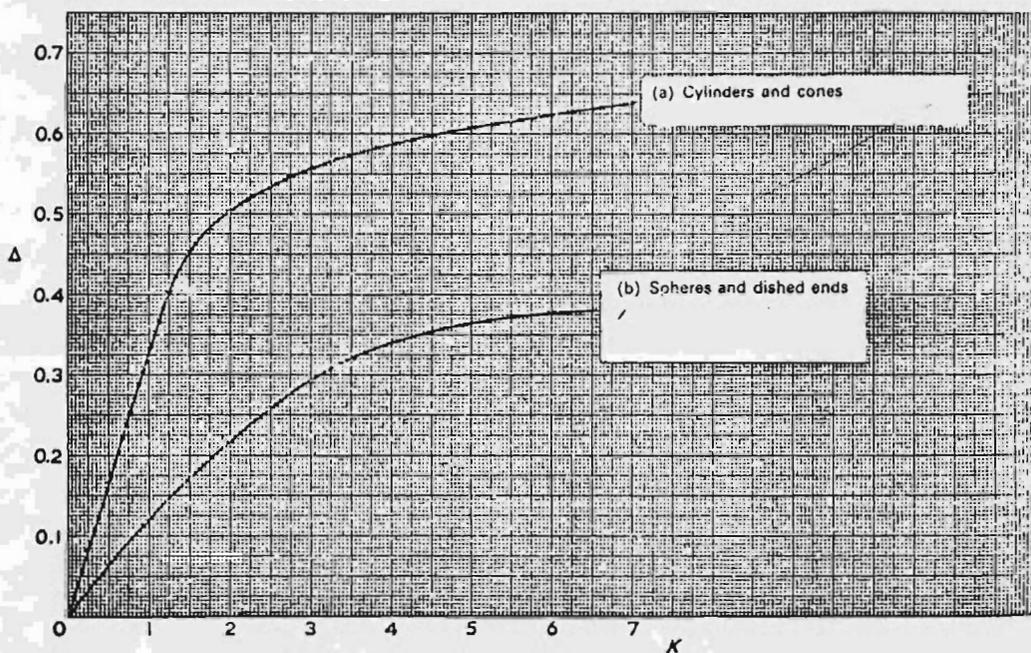
NOTA: PARA VALORES DE  $\alpha L$ , N PUEDE TOMARSE COMO 1 Y G COMO 0.

FIG. 3.6(2) CURVA DE DISEÑO: EVALUACION DE G Y N.

# BS 5500 : 1976

## (b) CILINDROS Y CONOS (ESFUERZO ANULAR GOBERNANTE).

$K$	0.25	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5
$\Delta$	0.083	0.167	0.25	0.333	0.403	0.453	0.480	0.503	0.520	0.535	0.548	0.557	0.566	0.574
$K$	3.75	4.0	4.25	4.5	4.75	5.0	5.25	5.5	5.75	6.0	6.25	6.5	6.75	7.0
$\Delta$	0.580	0.586	0.591	0.597	0.603	0.609	0.611	0.615	0.619	0.623	0.627	0.631	0.635	0.639



## (b) ESFERAS Y FONDO CONCAVO, CILINDROS Y CONOS (ESFUERZO LONGITUDINAL GOBERNANTE)

$K$	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
$\Delta$	0	0.06	0.12	0.17	0.216	0.257	0.29	0.319	0.340	0.355	0.365	0.373	0.378	0.38

FIG. 3.6 (3) CURVAS DE DISEÑO: EVALUACION DE  $\Delta$

B.S.

El cálculo del espesor de envolventes cilíndricos bajo presión externa no será menor que el obtenido por el procedimiento siguiente:

Se supone un valor para (e espesor) y se calcula K como sigue:

$$K = \frac{E(1-\nu G)}{(N^2 - 1 + \frac{22}{2})_{sf}} \left[ \frac{1}{(\frac{N^2}{2} + 1)^2} + \frac{e^2}{12R^2(1-M)} (N^2 - 1 + 2^2)^2 \right]$$

B.S.

Cálculo del espesor de las tapas sujetas a presión externa.

Es semejante al utilizado al cálculo del espesor de la envolvente esférica sujeta a presión externa. De igual forma las tapas helípticas se diseñan como envolventes esféricas de radio medio  $R =$  radio máximo de la corona. Las tapas toriesféricas se diseñan como envolventes esféricas de radio medio  $R$  igual al radio de corona.

El cálculo de los anillos atezadores está comprendido en el párrafo 3.6.3.

JIS:

Cálculo de espesor de envolventes y tapas sujetas a Presión Externa.

El procedimiento de cálculo es el mismo que el ASME, la única diferencia está en las unidades ya que el JIS introduce factores de corrosión puesto que usa el sistema Métrico Gravitacional.

Cálculo del Espesor de Envolventes Esféricos sujetos a Presión Externa.

El procedimiento que se utiliza en el mismo que el -

del ASME, la única diferencia es que una vez encontrado el valor de B la fórmula para obtener Pa es:

$$P_a = \frac{BC (t_a - \alpha)}{R}$$

Donde:

C es un factor que depende del tipo de junta longitudinal de las envolvente esférica tal que:

Junta a tope o sin costura C = 1

Junta traslapada C = 0.5

Una vez encontrado el valor de Pa se compara con P y si Pa es más pequeño que P un valor un poco más grande de Ta deberá seleccionarse y se repite el procedimiento hasta que se obtenga un valor igual o mayor que P.

## 5.- ESTIMACION DEL PESO DE LOS RECIPIENTES A PRESION. →

El peso de los Recipientes a presión es un factor importante para el ingeniero, en los pasos de diseño y producción. Este da una idea de las facilidades requeridas en el manejo del material y en el costo.

Consecuentemente un método conveniente para el estimado puede ser útil. Este manograma es uno de éstos métodos, y permite al diseñador hacer comparaciones.

La sección 24 del "Manual del Ingeniero Químico" de la fórmula siguiente:

$$W = 136 D ( H + 0.8 D ) ( t + X )$$

Donde:

W = Peso, lb

D = Diámetro, f<sup>t</sup>

H = Longitud de la envolvente, f<sup>t</sup>

t = Espesor promedio, in



$X$  = espesor equivalente, in, permitido para las boquillas, entrados hombre, aberturas, etc. y es igual a 0.08 para recipientes comunes y 0.15 con entradas. hombre ocasionales.

El monograma da  $W$ , si las otras variables son conocidas. (Ver fig. III.8)

EJEMPLO:

$$\begin{aligned} \text{Si } D &= 3.5 \text{ f}^t, \\ H &= 55 \text{ f}^t, \\ t &= 1.92 \text{ in} \\ X &= 0.08 \\ W &= ? \end{aligned}$$

En el monograma unimos  $H$  con  $D$ , y se continúa una línea recta hasta unir con  $V$ , desde este punto unimos con  $(t + x) = 2.00$  y leemos  $W = 55,000$  extendiendo la recta.

## 6.- POLITICA DE INGENIERIA.

Aquí daremos una breve explicación de la política de Ingeniería seguida por una de las mejores plantas de Japón.

La planificación básica está cimentada en la coordinación armonizada entre el diseño funcional para realizar las funciones óptimas de un recipiente a presión y el diseño detallado para la producción. Particularmente en el caso de Torres Grandes, aún en modificaciones de diseño pequeñas, debido a su relativa pequeñez, son probables a ser sobreestimados al considerar sus efectos sobre el proyecto completo, y esto siempre resulta en serias dificultades en varias partes de un proyecto. De aquí, que una planificación detallada adecuadamente arreglada desde el diseño, fabricación e inspección hasta la ruta de transportación y la secuencia de instalación final en el campo

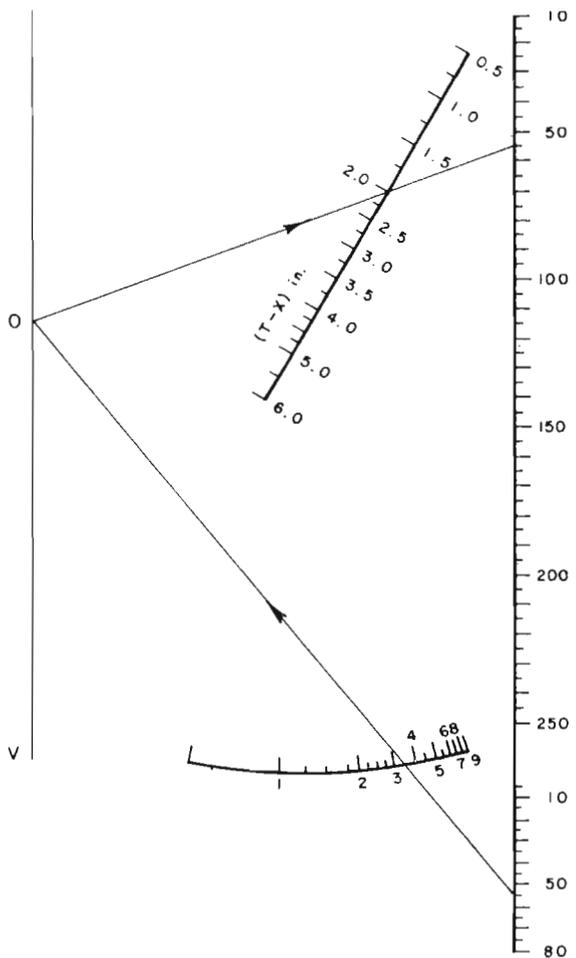


FIG. III - 8

son requeridas. Además la primera prioridad deberá darse para establecer el esquema de fabricación en concordancia con el plan de movilización total y la Cédula de trabajo dentro de la planta de fabricación en cuestión. Sobre la base de dichos requerimientos finalizados, establecimiento de planos, material ordenado, las partes compradas serán ordenadas, y éstos límites de tiempo para todas las actividades con los clientes para todas las actividades con los clientes y agencias gubernamentales y técnicas de investigación pueden acordarse.

Para el mantenimiento propio de la Cédula de Trabajo en la fabricación de torres grandes, tanques y detalles similares, la cooperación de la división de ingeniería de planta y la conversión de conceptos de diseño se consideran ambos necesarios. En otras palabras, la fabricación de recipientes a presión grandes llamada para trabajos -- frecuentes en un lugar elevado donde los detalles de pesos grandes en un rango de 10 a 15 ton. son manejadas --- hasta dichas operaciones deberán minimizarse tanto - sea posible. Por ejemplo, el mercado deberá efectuarse -- mientras la placa envolvente está todavía en estado plano antes de ser rolada, en la posición de las boquillas de rá también marcarse en éste paso. En la práctica convencional en el manejo de recipientes a presión pequeños, la cédula entregada puede ser fácilmente reunida aún cuando la posición no pueda ser determinada hasta el último momento. Para con los cambios de procedimiento requeridos - en las técnicas de fabricación para recipientes a gran es cala es absolutamente necesario obtener cooperación del - planificador de la planta. Del lado de las boquillas una decisión temprana sobre la fuerza de elasticidad del sistema de tuberías y detalles de los miembros internos particularmente la adquisición temprana de datos que puedan obtenerse por medio de la determinación de los detalles - de los soportes de platos y especificaciones de uniones - externas se consideran necesarias en un paso primero.

Además otras técnicas son requeridas para la fabrica X ción de recipientes de alta temperatura y presión, y todo

el trabajo deberá proceder bajo un esquema de diseño unificado. Un número de instrucciones de procedimiento y planos serán incorporados con el análisis de esfuerzos, determinación de la especificación de material procedimientos de tratamiento de calor asociados, soldadura, terminado, inspección y detalles de examinación, etc. Lo cual es importante para hacer una misma y buena conservación con las regulaciones y reglas domésticas. Cuando los contratistas de soldadura se localizan en diferentes áreas administrativas y bajo diferentes jurisdicciones de agencias gubernamentales, el problema puede experimentar-se en muchas instancias debido a las diferentes reglas para inspección de soldadura. En tales cuentas aplicaciones comunes pueden remitirse a las agencias respectivas para cada inspección lo cual puede causar indebidos aumentos en el tiempo por uno o aún 2 meses. Cuando se destina para entregar los productos a un comprador exterior, se cuidará el avance de las investigaciones para la posibilidad de un extra requerimiento por un tercero, el trabajo de estampado requerido por el Código ASME y otras consideraciones deberán planearse correctamente para familiarizarse uno mismo con todas las técnicas y requerimientos de procedimiento. El sistema de control por el método PERT es considerado muy usual para los problemas anteriores.

## 7.- CONCLUSION:

En el procedimiento de cálculo utilizado por el B.S. para recipientes sujetos a presión externa, el uso de las gráficas es vastante sencillo y exacto comparado con el del ASME, más sin embargo la ecuación de la cual se parte para obtener el pasámetro comparativo es vastante complicado, por lo cual en forma general consideramos que aun-- que pueda acarrear más trabajo es más exacto que el ASME.

#### IV.- FABRICACION:

Ya que se tienen los cálculos del diseño se procede a la fabricación del recipiente, y para ver los pasos que se siguen hemos seguido la secuencia que propone el B.S. en su sección 4 ya que lo trata muy claramente, en cambio el ASME lo hace en cada una de las partes de las subsecciones y esto hace verlo no tan general.

La secuencia es como sigue:

##### 1.- ASPECTOS GENERALES DE CONSTRUCCION:

###### a).- Esquema completamente dimensionado.

Antes de comenzar la fabricación, el fabricante debe dar a conocer, para aprobación del comprador, un esquema totalmente dimensionado que muestre las partes a presión del recipiente y que contenga la siguiente información:

- (a).- Un enunciado en el cual se señala que el recipiente se construirá dentro de los requerimientos del código elegido.
- (b).- Las especificaciones, que deben cumplir los materiales.
- (c).- Los procedimientos de soldadura que serán adoptados para todas las partes del recipiente.
- (d).- Dimensionamiento en gran escala de los detalles de preparación de la soldadura para las costuras longitudinales y circunferenciales, así mismo detalles de las uniones para los ramales de tuberías, asentamientos, etc. y la posición de éstas costuras y otras aberturas.
- (e).- Requerimientos de pruebas no destructivas.
- (f).- Requerimientos para pruebas de las placas.
- (g).- Presión (es) y temperaturas de diseño y cargas mayores del tipo estructural.
- (h).- Prueba (as) de presión.
- (i).- Cantidad y localización de la corrosión permisible.

Por acuerdo entre el comprador y el fabricante la fabricación de partes individuales del recipiente puede iniciarse antes de la aprobación del plano del recipiente -- completo.

Ninguna modificación se realizará al diseño aprobado, excepto que un acuerdo entre el comprador y el fabricante se realice.

b).- Identificación del Material.

El fabricante mantendrá un sistema positivo de identificación para el material utilizado en la fabricación -- tal que todo el material para partes a presión en el trabajo completo, pueda trazarse desde su inicio. En el planeamiento y corte del material la marca de identificación deberá localizarse en donde sea claramente visible para -- cuando la parte a presión esté terminada. Cuando la marca de identificación del material es inevitablemente cortada, este podrá transferirse, por el fabricante mismo a -- otra parte para satisfacción del inspector.

2.- CORTE, MOLDEADO Y TOLERANCIAS.

TOLERANCIAS:

- 1.- Después de que las secciones han sido ensambladas, la superficie del cilindro no variará de una línea recta más de 1/4 in. en 20ft, ni más de 3/4 in en la longitud total. Cuando el espesor de la envolvente es de 4 in o más la variación de una línea recta no exederá 1 1/4 Pulg. en la longitud total.
- 2.- La variación máxima de fuera de redonde especificada en todos los códigos será aplicada para todos los recipientes, con la limitación adicional de que los recipientes con platos en el interior de cualquier diámetro no variará más o menos 0.5% del diámetro nominal, con un máximo de 1/2 in.
- 3.- La longitud total del recipiente, sin incluir al faldón, se sostendrá dentro de una tolerancia de  $\pm 1/2$  in, o 1/64 in. por ft de longitud hasta un máximo de

- 3/4 in.
- 4.- La longitud del faldón se sostendrá dentro de una tolerancia de  $\pm 1/4$  in.
  - 5.- Las tolerancias para las boquillas serán de  $\pm 3/8$  in. para la elevación,  $\pm 1/4$  in. para la orientación y  $\pm 1/8$ " para la proyección.
  - 6.- La deflexión horizontal o vertical máxima de las caras-maquinadas de las caras de contacto de las empaquetaduras de las boquillas serán  $1/2^\circ$  o  $1/32$  in. -- cualesquiera que sea el mayor valor.
  - 7.- Las tolerancias para las entradas de hombre serán  $\pm 1/2$  in. de elevación, orientación y playección, y  $1/4$  in.
  - 8.- La tolerancia máxima de una base verdadera para soportes de platos internos será  $\pm 3/8$  in.
  - 9.- La variación máxima en el espaciamento entre soportes internos de platos adyacentes no excederá  $1/16$  in. por ft, con un máximo de  $1/8$  in.
  - 10.- La tolerancia para la variación máxima (distancia entre puntos altos y bajos) en soportes individuales con respecto al nivel del plano será 0.30% del diámetro interior nominal, (común máximo de  $1/4$  in.).
  - 11.- La tolerancia para la variación máxima de los soportes de platos con respecto a la envolvente del recipiente, no excederá 10 de la normal.

#### Entradas de Hombre.

Serán cortadas en el interior de la envolvente y las orillas interiores serán redondeadas.

#### BOQUILLAS:

A menos de que las proyecciones internas sean especificadas, las boquillas se cortarán en el interior de la envolvente y la orilla interior se redondea.

#### 3.- UNIONES SOLDADAS:

En la construcción de recipientes a presión, uno de los factores de más importancia es la soldadura. Esta es

esencial para la unión del cuerpo mismo es decir de la envolvente y las tapas y también de las uniones con los accesorios. Se practica este tipo de unión pues es el que tiene mayor resistencia a los esfuerzos comparandola con las uniones remachadas y otros tipos de unión que ya están en desuso.

Es tan importante la soldadura, que cuando se tiene una unión perfectamente soldada en un recipiente, tal que si se tiene el riesgo de una fractura esta se presentará en el material, pero nunca en la unión soldada.

Los 3 códigos que se están estudiando contienen una sección en la cual se tratan los requerimientos y limitaciones que se deben cumplir en la práctica de la soldadura.

Al inicio de los requerimientos el código JIS y ASME hablan de eficiencias de junta, estas eficiencias de junta están en función de los tipos utilizados para la unión y además están en función directa del tipo de examinación que hade practicarseles a las uniones. Esta eficiencia de unión interviene directamente en las ecuaciones utilizadas para el cálculo de espesores en ambos códigos, ver tabla IV.1.

Por otro lado el Código Británico no especifica nada en relación a la eficiencia de las juntas. Y solamente hace mención, como se vera a continuación que hay una relación entre la forma de la examinación con los tipos de construcción de recipientes.

Los 3 Códigos requieren de calificaciones del procedimiento a utilizar y de la ejecución del procedimiento, ya sea el soldador o bien del operador de la máquina soldadora, por lo que los 3 Códigos especifican los requerimientos que se deben seguir en los procedimientos de calificación y que son:

Para el ASME y JIS son los mismos. En la sección IX

del Código ASME se dan los requerimientos para la calificación, y los exámenes que se hacen para examinar la soldadura, proceso y ejecutor.

También por su parte el B.S. menciona los exámenes - que deben de hacerse al procedimiento u operador. En el - caso de pruebas destructivas los requerimientos se encuentran especificados en el B.S. 4870 parte 1 y en el B.S. - 4871 Parte 1.

Para el caso de pruebas no destructivas los requerimientos a cumplir serán en concordancia con el B.S. 2600 - parte 1 o parte 2 para las técnicas de radiografiado, el B.S. 3923 para las técnicas ultrasónicas, el B.S. 4416 para las técnicas de penetración y el B.S. 4397 para técnicas de partícula magnética.

Y los detalles de pruebas destructivas y no destructivas se encuentran en 5.5 y 5.6 respectivamente, del Código B.S. 5500.

Existe una diferencia en la consideración de los tipos de unión ya que el JIS y el ASME especifican 2 tipos principales de unión longitudinales y circunferenciales - (ver fig. IV.1), mientras que el Código Británico no hace fórmulas para el cálculo de espesores, de envolventes.

## II.- PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS.

Los principales procedimientos de soldadura empleadas para la instalación de tuberías y fabricación e instalación de recipientes son:

### 1.- SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO:

- a.- Arco protegido con electrodo recubierto
- b.- Arco sumergido, automática y semi-automática
- c.- Arco protegido con gas inerte

a.- SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON ELECTRODO RECUBIER--  
TO.- Es el método comunmente empleado en soldadura de cam

po y en la cual se usan generadores de corriente continua, eléctricos o de gasolina ó alternaciones, y el metal de aporte es el electrodo recubierto.

El recubrimiento del electrodo al entrar en combustión produce gases que rodean y protegen la zona de fusión para evitar la oxidación que produce el oxígeno del aire, además el recubrimiento actúa como fundente y en algunos electrodos contiene polvo de hierro que contribuye a aumentar el volumen de aporte.

**b.- SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO, AUTOMATICA Y SEMI-AUTOMATICA.-** La soldadura automática se emplea comúnmente en taller para soldar las uniones longitudinales y circunferenciales de tanques a presión. El cabezal del equipo de soldar se desplaza para depositar el material de aporte en las uniones longitudinales, y en las uniones circunferenciales permanece fijo, girando la sección cilíndrica del recipiente mientras se va efectuando el aporte de soldadura. En este procedimiento el material de aporte consiste de un alambre de acero sin recubrimiento y la fuente del material fundido es protegida del oxígeno del aire por un granulado denominado flux, que además actúa como fundente. En el proceso semiautomático el cabezal de la máquina de soldar es transportado por un operador para efectuar el aporte de la soldadura.

**c.- SOLDADURA DE ARCO PROTEGIDO CON GAS INERTE.-** El proceso de arco sumergido con gas inerte, el cual tiene dos sistemas que son Electrodo Consumible y Electrodo no Consumible, se emplea principalmente para soldar tubería de acero inoxidable, de aluminio, de Monel, de cobre, etc. y la diferencia entre éstos es que en el sistema no consumible el arco es producido a través de un electrodo de tungsteno o tungsteno aleado con torjo, el cual se considera que no se consume y el material de aporte es una varilla de material similar y afín al que se suelda. El sistema de electrodo consumible donde se produce el arco a través del material de aporte conforme éste se va aplicando y consumiendo, tiene un alimentador que va suministrando el

material de aporte, que consiste de alambre enrollado en carretes de tal manera que la alimentación sea constante y el proceso no tenga las interrupciones obligadas para proveerlo en tramos periódicamente, para continuar con el mismo.

En ambos sistemas la atmósfera protectora es proporcionada, según sea el caso, por bióxido de carbono, argón, helio o mezcla de éstos dos últimos, para evitar la contaminación de la fuente líquida con el oxígeno del aire.

En uniones de tubería que conducen vapor a alta presión y alta temperatura, las cuales son comúnmente de acero aleado al cromo molibdeno, las uniones se hacen en ranuras del tipo U, y el primer cordón de soldadura o fondo se lleva a cabo mediante el proceso de arco protegido con gas inerte, con el fin de llevar a cabo un control estricto de la fuente líquida, para evitar que se produzcan quemadas o que el material de aporte penetre demasiado dentro de la tubería provocando posteriormente turbulencias del vapor que pueden originar desgastes en las paredes del tubo. El resto de la unión es completado mediante el proceso de arco protegido, usando electrodos de aleación afín y similar al material base.

## 2.- SOLDADURA AUTOGENA

El proceso de oxiacetileno es especialmente recomendado para soldar tuberías de pared delgada y diámetros menores (menos de 4 mm. de pared y menos de 10 cms. de diámetro) con el fin de evitar que se agujere la pared, como comúnmente ocurre al emplear el procedimiento de arco protegido con electrodo recubierto. Para este caso se recomienda especialmente el método de soldadura con el aporte atrás de la flama, en el cual el avance del depósito de soldadura es hacia la derecha al soldar cuando el tubo está en posición vertical, o hacia arriba cuando el tubo está en posición horizontal.

Este método reduce las posibilidades de que se presente falta de fusión entre el material de aporte y el material base, ya que evita que se escurra material de baja temperatura el cual se depositaría en la cara de la ranura con poca o ninguna fusión.

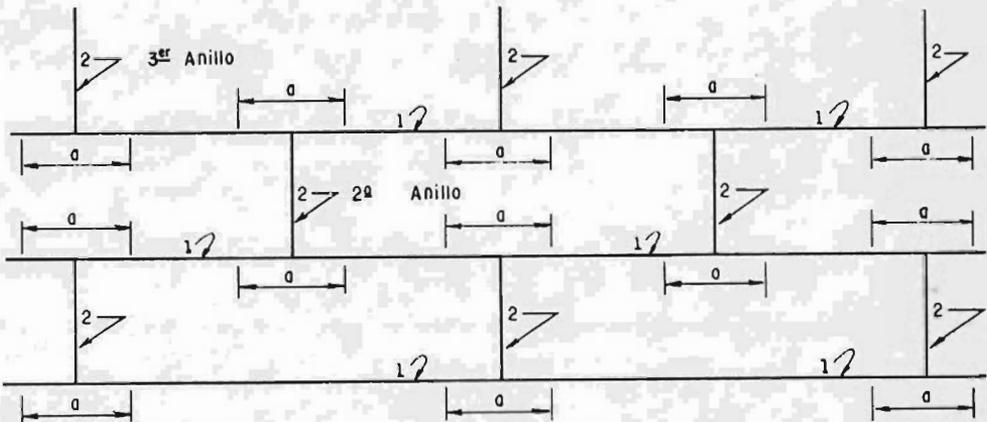
En este procedimiento la flama es neutra para evitar la oxidación que se presentaría al usar flama oxidante, o la carburización con flama reductora o carburizante (excepto de acetileno), lo que produciría soldaduras de menor resistencia y con porosidades.

Los tubos de pared delgada y diámetros menores mencionados, generalmente constituyen partes de calderas tales como paredes de tubos de evaporación, sobrecalentadores, economizadores, accesorios para medición, de control quemadores, etc.

### 3.- TECNICAS PARA DEPOSITAR SOLDADURA:

a.- En tanques de almacenamiento.

La secuencia para depositar la soldadura en tanques de almacenamiento se ilustra en el esquema siguiente:

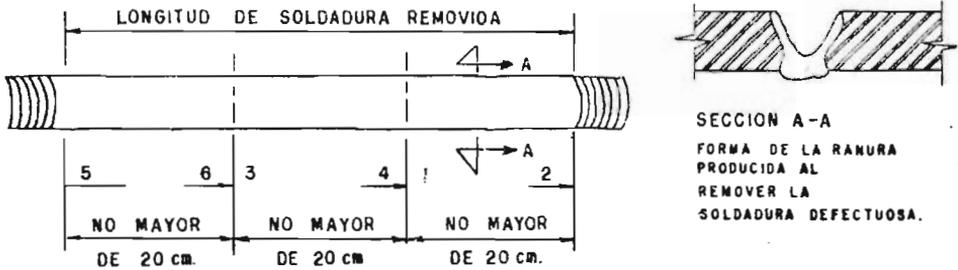


En el esquema anterior se denominó con "1" a las uniones horizontales y con "2" a las uniones verticales de un tanque para almacenamiento de combustible. La práctica común consiste en armar dos o más anillos, uniendo las láminas mediante puntos de soldadura, y después soldar las uniones horizontales dejando sin soldar los espacios marcados como "a", que deberán tener una longitud de más o menos 30 cms., 15 cms. a cada lado de la unión vertical. Como siguiente paso se sueldan las uniones verticales y posteriormente los espacios "a" dejados pendientes de las uniones horizontales.

La razón por la cual se deja al final la soldadura de los espacios denominados "a", consiste en la necesidad de permitir la libre contracción que se produce al enfriarse la soldadura de las uniones verticales y permitir que se deformen las placas, para evitar que el esfuerzo inducido por esta contracción pueda originar roturas en los cruces de soldadura y/o en las láminas, o que se produzcan deformaciones permanentes en los tanques. Es aconsejable que en el tramo "a" no haya soldadura de puntos.

Para el caso de reparaciones locales de uniones, será necesario remover la soldadura defectuosa del tramo afectado, preferentemente con herramientas que no suministren un calor excesivo, tales como disco abrasivo o contador de electrodo de carbón y aire comprimido, con el fin de evitar una posible distorsión de las láminas y de modificar lo menos posible las propiedades del material base.

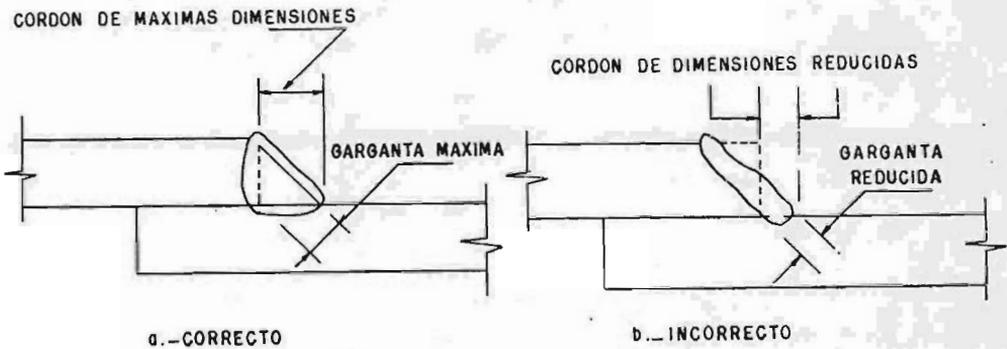
El aporte de soldadura para sustituir la soldadura removida deberá hacerse bajo la secuencia que a continuación se ilustra y que se denomina técnica de paso atrás.



Empezar a depositar soldadura en el punto 1 (ver figura anterior) y terminar en el punto 2, a continuación - empezar a depositar soldadura en el 3 y terminar en el -- punto 4, depositando 2 cms. adelante de este punto, y para completar la primera pasada, empezar a depositar en el punto 5 y terminar en el 6, depositando así sucesivamente las demás pasadas hasta terminar de depositar toda la soldadura necesaria para terminar la unión; Es recomendable que las terminaciones e iniciaciones sean traslapadas en aproximadamente 2 cms. para evitar posibles defectos de soldadura que se presentarían si los extremos coinciden.

Las dos técnicas descritas ayudan a reducir los esfuerzos residuales, la deformación de las láminas y primordialmente a reducir las roturas ocasionadas por esos esfuerzos.

En las láminas del fondo, las cuales se unen a traslape, deberá tenerse cuidado en verificar que se use la corriente adecuada, pues un aumento de corriente originaría una reducción de la garganta de la soldadura y consecuentemente el área neta de trabajo. En las figuras siguientes se ilustra esta reducción de sección.



Generalmente los puntos de soldadura para el armado de los tanques son depositados deficientemente y en muchos casos estos puntos se rompen, de tal manera que es recomendable revisarlos con el fin de eliminar los que están rotos o mal depositados, antes de que se depositen sobre ellos los cordones de soldadura definitivos.

b).- En tuberías

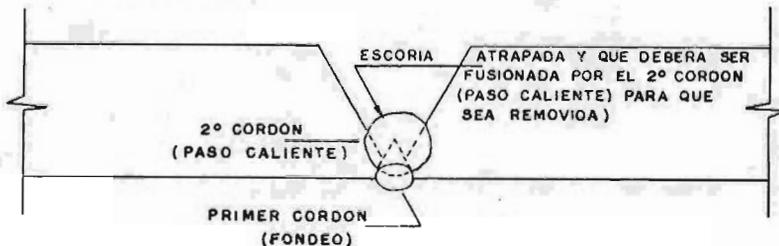
Generalidades:

En la instalación de líneas de tuberías, ciertas operaciones colaterales son comúnmente involucradas si se usa el proceso de soldadura. La calidad de la línea terminada y la velocidad con que ésta es instalada, son directamente influenciadas por estas operaciones; de aquí la gran importancia de llevar el control y coordinación apropiados de estas operaciones para acelerar la terminación de una línea soldada. Así, será necesario que los lineamientos sean determinados conjuntamente con las especificaciones. Estas especificaciones deberán abarcar todas las fases del trabajo, equipo materiales y pruebas, y cubrir todos los requerimientos detallados para soldar, incluyendo la calificación del procedimiento de soldadura. El tipo de acero del tubo que se emplea es usualmente especificado muy cuidadosamente para que el mismo sea de calidad soldable.

La soldadura de campo de tuberías se efectúa generalmente con el procedimiento de arco protegido con electrodo recubierto, con el tubo en posición horizontal y fijo; El depósito de soldadura se hace de arriba hacia abajo, depositándose el primer cordón simultáneamente por dos soldadores, dependiendo del diámetro del tubo. Esto evita que la contracción de la soldadura cierre o separe las caras de la ranura en las partes en las que aún no se esté soldando.

El cordón de raíz (fondeo) es depositado con un exceso de corriente con el fin de lograr una penetración completa. La limpieza de este cordón de soldadura se limita a eliminar la capa de escoria que lo cubre y hasta donde es posible la escoria acumulada en las socavaduras laterales.

La escoria incrustada entre el primer cordón y el material base es removida por el segundo cordón, que también es depositado por dos soldadores simultánea y diametralmente opuestos; este segundo cordón se denomina "paso caliente" y debe ser depositado también con un exceso de corriente, con el fin de lograr una mayor penetración del arco y fundir las orillas del primer cordón, para facilitar el flujo de la escoria ahí atrapada hacia la superficie, la cual no fué removida por medios mecánicos. En la siguiente figura se ilustra la localización de la escoria y la penetración de la fusión que deberá tener el segundo cordón para removerla.



Es práctica recomendable depositar inmediatamente el "paso caliente", para aprovechar el calor residual del

se ha encontrado que es conveniente para reducir las roturas bajo cordón, cuando se sueldan tuberías de alta resistencia, como las de especificación API grado 5\_X. El paso caliente también proporcionará la resistencia adicional necesaria para la unión, pues el tubo con los dos primeros cordones podrá resistir la contracción y expansión debida a los cambios de temperatura, ya que puede estar bajo estas condiciones horas o días, antes de que el resto de los cordones de relleno sean depositados para completar la unión.

El refuerzo de la soldadura terminada deberá ser de 1/16" como máximo, tanto en la cara como en la raíz, y deberá evitarse que las orillas del cordón de vista sean recalçadas con cincel, ya que eso origina una socavación artificial y un cambio brusco de sección. Ambos casos propician la concentración de esfuerzos indeseables en las soldaduras que transmitan cargas.

## CLAVE PARA LA IDENTIFICACION DE LOS ELECTRODOS Y MARCAS DE IDENTIFICACION PARA LOS MISMOS.

Puede llamársele al electrodo la herramienta más importante del soldador. Es por medio del electrodo que el soldador puede manejar, concentrar y variar las características y el calor intenso del arco eléctrico al utilizarlo para soldar. El éxito del soldador depende de su habilidad en comprender como actúa el electrodo y de seleccionar y usar el tipo correcto para cada trabajo.

El electrodo usado generalmente para la soldadura manual tiene un núcleo de alambre, o varilla, recubierto de una capa de material químico horneado. El núcleo provee el metal de aportación para la junta que se suelda; y el revestimiento químico actúa de escudo protector del cordón a medida que se deposita. El procedimiento de la "Soldadura por arco protegido", deriva su nombre de la acción de este tipo de electrodo. Se fabrican de una gran variedad de núcleos de alambre, revestimientos y diámetros.

Un buen soldador debe conocer perfectamente los tipos corrientes de electrodos. Cuando elija uno, es necesario que sea aquél que se fabrica: 1) para soldar con la clase de corriente (alterna o continua) empleada; 2) ser adecuado para el metal base que se quiere soldar; y 3) convenir al destino que se le dará a la pieza que se suelda.

El revestimiento del electrodo tiene varias funciones y los compuestos químicos que se usan en su fabricación -- son variados, dependiendo del tipo de soldadura que se desea obtener. Algunos de los productos químicos usados comúnmente son: LA CELULOSA (pulpa de algodón o de madera) que sirve de protección gaseosa; EL DIOXIDO DE TITANIO O RUTILO, para la formación de la escoria; EL FERROMANGANE SO, que actúa de agente reductor desoxidante; EL ASBESTO -- para dar fuerza al arco y producir escoria; y SILICATO DE SODIO para ligar a los varios productos químicos y actuar como mordiente. Se aplica uniformemente por presión sobre la superficie del alambre en forma similar a la de la ex--

pulsión de la pasta dentífrica del tubo que la contiene. El revestimiento determina en gran parte las características de operación del electrodo.

El mismo núcleo de alambre es usado para muchos de los electrodos ferrosos de bajo tenor en carbono. Es el agregado de los metales de aleación al revestimiento lo que diferencia las propiedades físicas del metal depositado.

El revestimiento químico se llama "FUNDENTE" porque tiene el efecto de limpiar y mezclar la soldadura. En la soldadura por electrodo metálico, este fundente tiene tres propósitos distintos.

Parte del revestimiento se derrite y vaporiza por efecto del calor del arco, formando un HUMO O CUBIERTA DE GAS que protege del contacto con el aire tanto a las finas gotas de metal proyectadas por el arco como al mismo metal fundido. El aire contiene oxígeno y nitrógeno, los que se combinan fácilmente con el acero fundido y aún más fácilmente con las finísimas gotas a medida que son proyectadas por el arco, formando óxidos y nitruros. Si se permite su formación, la soldadura resulta debilitada por porosidad y fragilidad, y su resistencia a la tensión y al impacto queda muy reducida.

Otros productos del fundente se derriten y mezclan con el metal de soldadura, recogen las impurezas y los hacen flotar a la superficie del metal en fusión para formar la escoria. La escoria protege al metal caliente del aire, retarda su solidificación para que los gases tengan tiempo de escapar y contribuya en parte a darle forma al cordón. Luego de solidificado y enfriado el cordón, la escoria, que es frágil, se quita, dejando el cordón liso y brillante.

Durante el acto de soldar, el revestimiento de fundente proyecta más allá del extremo del núcleo, e influye la acción del arco similarmente a la del cañón de una

escopeta que dirige el agrupamiento y el alcance de las municiones. Estabiliza y dirige la fuerza del arco y las gotas de metal de relleno fundido. Por lo tanto, el revestimiento estabiliza el arco y facilita el soldar.

El revestimiento ha hecho posible la fabricación de electrodos para operar satisfactoriamente con corriente alterna de soldadura. El arco formado por la corriente alterna de 60 ciclos se apaga 120 veces por segundo. Esto crea un problema de estabilidad del arco el que puede ser solucionado agregando algunos productos químicos al revestimiento. Estos productos químicos cuando se queman en el arco producen gases especiales ionizados que mantienen la continuidad del arco. Por lo tanto cualquier electrodo para corriente alterna puede usarse con corriente continua, pero no todos los electrodos para corriente continua pueden usarse con corriente alterna.

Los electrodos deben de almacenarse en lugar seco. Una humedad excesiva puede afectar el funcionamiento correcto del revestimiento. Es de buena práctica almacenar las cajas de electrodos abiertos en un armario cerrado, calentado con serpentín, o con una lamparilla de luz eléctrica. Los electrodos húmedos pueden sacarse antes de ser usados.

El soldar no siempre había sido de tan fácil ejecución como es hoy día, usando electrodos revestidos. Antes de que se proporcionarán comercialmente los electrodos protegidos se soldaba con el electrodo desnudo o bañado ligeramente. Se utilizan todavía hoy los electrodos desnudos en algunas aplicaciones y pueden adquirirse. Se emplean donde no es importante el conseguir la máxima resistencia de la soldadura; cuando se rellenan chaflanes muy anchos, o cavidades en el hierro colado; y dónde es difícil remover completamente la escoria. Ya que no tienen fundente y no pueden proteger el arco y es menor enérgico y se apaga fácilmente al soldar las gotas del electrodo fundido el espacio de aire. Esta característica dificulta el uso y el operario tiene que sostener uniformemente un

arco muy corto sin la protección del fundente la soldadura resulta con una resistencia a la tensión una tercera parte más débil y con resistencia al impacto más baja, debido a las impurezas y porosidad de la soldadura. Pueden utilizarse satisfactoriamente solamente con máquinas para soldar de corriente continua usando un electrodo de polaridad negativa.

Hemos mencionado ya la existencia de muchos tipos diferentes de electrodos, fabricados para efectuar trabajos específicos y de categorías diferentes. Puede suceder que se vea enfrentado con el problema de identificar a estos diferentes electrodos o de especificar y adquirir electrodos para utilizarlos en un trabajo determinado y es necesario saber pues, qué métodos de identificación de electrodo existen, cómo son clasificados y para qué trabajos específicos se usan los electrodos de cada grupo. El método más sencillo de identificar a un electrodo corriente (aparte de leer la etiqueta de la caja si es que se han colocado en su caja correspondiente) es por medio de color de su revestimiento y de un código de colores que ha sido establecido para los grandes grupos de la clasificación Fig. # 1.

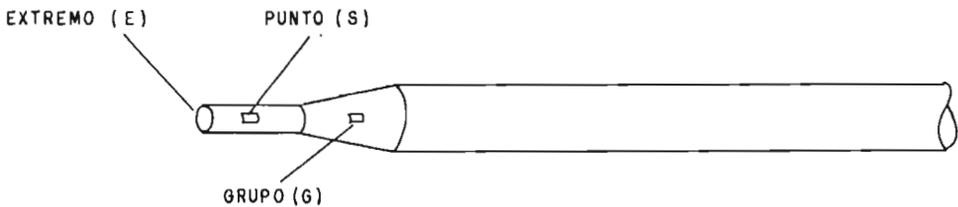


FIG. No. 1

El código de colores para la clasificación de los electrodos ha sido establecido por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos). Las clasificaciones establecidas por la A.W.S. (Sociedad Americana de la Soldadura). La clasificación y el código de colores ayuda al

usuario en la selección apropiada y en la identificación de los electrodos. La NEMA ha especificado también algunos códigos de color para los cuales la A.W.S. no tiene establecida aún una clase determinada.

Algunos fabricantes producen varios electrodos de la misma clase. Pero existen algunos electrodos que no se hallan codificados según la NEMA o la A.W.S. A muchos de éstos cada fabricante los diferencia por medio de códigos especiales.

La clasificación de la A.W.S. y la marca de cada electrodo es aquella bajo la cual ese electrodo está calificado. Aunque un electrodo puede llenar los requisitos de más de una clase, sólo puede ser clasificado en una clase. La tabla del sistema numérico de clasificación de la A.W.S. muestra el significado de dicha clasificación. Al elegir un electrodo considere lo siguiente:

PARA SOLIDIFICACION RAPIDA: Los tipos E-6010 y E-6011, se caracterizan por su solidificación rápida y son excelentes para soldar en todas posiciones.

PARA DEPOSICION RAPIDA: Los electrodos usados para la soldadura con avance rápido, sobre láminas delgadas, son fabricados especialmente para que tengan características de deposición rápida y fluente. Los de tipo E-6012 y E-6013 pertenecen a esta categoría.

PARA RELLENO RAPIDO: Estos electrodos se usan para depositar rápidamente cordones gruesos en soldaduras en ángulo ochafán. Los electrodos de esta categoría comprenden a los de polvo de hierro E-6014, E-6024 y E-6027.

PARA ACEROS DIFICILES DE SOLDAR: Los electrodos de la categoría E-6015 y E-6016, son para soldar aceros de difícil soldadura. Estos electrodos son excelentes para soldar aceros al azufre (de maquinado fácil), aceros de alto tensor de carbono, y algunos aceros de contenido me--

diano de aleación que son difíciles de soldar con otros electrodos.

### SISTEMA DE LA A.W.S. DE NUMERACION DE LOS ELECTRODOS.

El prefijo "E" significa "electrodo" y se refiere a la soldadura por arco.

El prefijo "R" significa "varilla" y se refiere a la soldadura autógena.

Para los electrodos de acero dulce y los de acero baja aleación: las dos primeras cifras de un número de cuatro cifras, ó las tres primeras cifras de un número de cinco cifras designan la resistencia a la tracción:

E-60xx.....Significa una resistencia a la tracción de 60.000 libras por pulgada cuadrada -- (42.2 Kgs/mm<sup>2</sup>).

E-70xx.....Significa una resistencia a la tracción de 70.000 libras por pulgada cuadrada -- (49.2 Kgs/mm<sup>2</sup>).

E-100xx.....Significa una resistencia a la tracción de 100.000 libras por pulgada cuadrada -- (70.3 Kgs/mm<sup>2</sup>).

La ante última cifra indica la posición para soldar:

Exx1x.....Significa para todas las posiciones.

Exx2x.....Significa posición horizontal o plana.

Exx3x.....Significa posición plana solamente.

La última cifra no tiene significado si se la considera por sí sola. Pero las dos últimas cifras consideradas en conjunto indican la polaridad.

Exx10.....Significa Corriente Continua, polo positivo.

- Exx11.....Significa Corriente Continua, polo positivo ó Corriente Alterna.
- Exx12.....Significa Corriente Continua, polo negativo ó Corriente Alterna.
- Exx13.....Significa Corriente Continua, polo negativo ó Corriente Alterna.
- Exx14.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua.
- Exx15.....Significa Corriente Continua, polo positivo.
- Exx16.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua, polo positivo.
- Exx24.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua, ambos polos.
- Exx27.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua, polo negativo.
- Exx20.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua.
- Exx30.....Significa Corriente Alterna ó Corriente Continua.

Cuando se trate de electrodos de acero inoxidable - tal como E-347-15;

A- Las tres primeras cifras indican la clase de acero inoxidable.

B- Las dos últimas cifras indican la posición y la polaridad.

Para los diferentes tipos de revestimiento nótese - que los electrodos tipo:

E-6010 y E-6011 tienen un revestimiento con alto -- contenido de materia orgánica (celulosa).

E-6012 y E-6013 tienen un revestimiento con alto -- contenido de óxido de rutilo (titanio).

E-6015 y E-6016 tienen un revestimiento con bajo -- contenido de hidrógeno (cal y carbonato de sodio o bien cal con óxido de rutilo).

E-6020 y E-6030 tienen un revestimiento con alto -- contenido mineral (óxido de hierro u óxido de manganeso).

E-6014, E-6024 y E-6027 tienen un revestimiento con -- sistente de hierro en polvo.

En cuanto a los electrodos de acero inoxidable, 15 -- de ellos tienen revestimientos de cal y 15 tienen reves-- timientos de óxido de rutilo.

### USOS Y CARACTERISTICAS DE LOS ELECTRODOS METALICOS.

Los electrodos de acero dulce y de baja aleación -- pueden clasificarse y estudiarse en cuatro grandes gru-- pos básicos de acuerdo a sus características:

#### LOS DE SOLIDIFICACION RAPIDA DE RELLENO RAPIDO

UN RELLENO Y SOLIDIFICACION, que incluyen los de -- gran fluidez, y un grupo para soldar los ACEROS DIFICI-- LES DE SOLDAR.

Electrodos de solidificación rápida. Comprenden los -- electrodos de las clases E-6010 y E-6011 de la A.W.S. Es -- tos electrodos son básicamente similares en su operación -- y presentan la característica de que el metal en fusión -- y la escoria se solidifiquen muy rápidamente; comparados -- con los otros electrodos no son de relleno rápido ni de -- gran fluidez.

Los Electrodos de Relleno Rápido. Comprenden a los -- electrodos de las clases E-6024 y E-6027 de la A.W.S. -- Son similares en su operación, pero cada electrodo sepa-- radamente ha sido fabricado para soldar un tipo determi-- nado de junta. La capacidad de estos electrodos de relle-- nar rápidamente una junta con metal de aportación, es -- inigualada. No son de solidificación rápida y son de --- fluidez limitada.

Electrodos de relleno y de solidificación Rápida. -- Incluyen los electrodos de las clases E-6012 y E-6013 de

la A.W.S. Cada electrodo tiene, hasta cierto grado, rapidez de relleno y de solidificación. Sin embargo, la proporción de cada una de estas características varía considerablemente de un electrodo a otro. Las diferencias en las características operatorias de los varios electrodos dentro del grupo son notorias; también algunos de estos electrodos tienen la propiedad de fluidificarse con facilidad.

El cuarto grupo de electrodos incluye a los que se utilizan para soldar los aceros con un contenido tal de azufre, carbono o fósforo que requiere una selección cuidadosa del electrodo para evitar que se produzcan grietas en las soldaduras. Los materiales de mayor espesor - en acero dulce presentan también un problema debido al temple severo de las soldaduras, que puede provocar grietas. La consideración más importante al soldar estos aceros, es la de seleccionar un electrodo que produzca soldaduras libre de grietas; la velocidad y facilidad de la soldadura son consideraciones secundarias; en este caso, para estos trabajos se utilizan electrodos de las clases E-6015 y E-6016 de la A.W.S.

Los términos SOLIDIFICACION RAPIDA, RELLENO RAPIDO, RELLENO y SOLIDIFICACION Y FLUIDEZ RAPIDA, describen las características básicas y señalan la clase de trabajo para el cual son más apropiadas. Estas características corresponden a ciertas exigencias del trabajo. Cualquier trabajo de soldadura en acero dulce puede ser descrito con uno de estos términos o combinación de ellos. La selección apropiada del electrodo dependerá del ajuste de sus características con los requerimientos del trabajo.

Parecería innecesario tener más de un electrodo en cada grupo. Sin embargo, deben considerarse ciertas exigencias particularmente además de las básicas para obtener la mayor eficiencia en el trabajo. La clase corriente, continua o alterna; el aspecto del cordón la penetración; la fuerza del arco; son algunas de las características operatorias que deben variarse para amoldarse a --

las exigencias del trabajo.

La selección adecuada de un electrodo consiste, por lo tanto, en estudiar primero la aplicación y determinar luego las características que se requieren en el primer término. Luego se comparan los electrodos del grupo apropiado para determinar cual de ellos se ajusta mejor a las características del trabajo. El proceso es similar al de comprar artículos para el hogar. Si precisamos una silla vamos primero a una mueblería donde venden sillas; luego elegimos la silla que mejor se adapta a nuestros requerimientos de color, estilo, etc., que son necesarios para hacer juego con los muebles que ya se hallan en la pieza donde será ubicada.

COMO SE DETERMINAN LOS REQUERIMIENTOS BASICOS. La buena comprensión de los términos ayudará a determinar los requerimientos básicos. SOLIDIFICACION RAPIDA significa la habilidad de depositar un cordón que se solidificará rápidamente. Esta consideración es importancia SOLAMENTE cuando se corre peligro de que parte del metal y de la escoria en fusión pueden derramarse fuera de la junta. Tal condición se presenta cuando su suelda en posición vertical, horizontal o sobre cabeza o una pieza circular. El metal y la escoria deben permanecer en la junta hasta que se hayan solidificado. Esta consideración priva sobre las demás, inclusive el disco natural de depositar más rápidamente los cordones, para obtener mayores velocidades de avance.

El otro extremo es cuando no interesa mayormente la SOLIDIFICACION RAPIDA, sino el depositar una cantidad dada de metal de aportación en la junta, en el menor tiempo posible. Los electrodos que satisfacen esta exigencia son los de RELLENO RAPIDO. Quedan limitados a la soldadura en posición plana o casi plana que por gravedad permiten al metal en fusión permanecer en la junta en vez de tender a desparramarse. Cuanto más se coloque la pieza fuera de la posición plana más se sacrificará la posibilidad de rellenar rápidamente hasta que eventualmente se llega al --

punto en dónde es más importante la rapidez de solidificación que la rapidez de relleno.

Aunque muchos trabajos caen dentro de la categoría de RELLENO RAPIDO o SOLIDIFICACION RAPIDA, muchas más -- son las aplicaciones que se sobreponen a estos grupos y requieren electrodos con una combinación de características. Los electrodos de este tipo se llaman de RELLENO y SOLIDIFICACION. Aunque pertenezcan al mismo grupo tienen características individuales. Por ejemplo, los electrodos de la clase E-6013 de la A.W.S. tienen sólo la calidad de solidificación rápida necesaria para soldar juntas ligeramente inclinadas hacia abajo. Por otra parte los --- electrodos corrientes de la clase E-6012, de la A.W.S. - tienen la propiedad de solidificarse rápidamente y puede soldarse con ellos descendiendo "juntas" muy inclinadas.

Algunos electrodos de RELLENO y SOLIDIFICACION, tienen una característica distintiva más, que llamaremos de GRAN FLUIDEZ; permiten moverse a lo largo de una "junta" con altas velocidades de avance y efectuar soldaduras -- continuas sin saltos ni discontinuidad en el cordón. Estas soldaduras requieren que el baño siga de cerca al extremo del electrodo en movimiento y de su nombre de AL-- TA FLUIDEZ.

Las características de alta fluidez de este grupo - se utilizan con ventaja en las juntas de "solapo" o en - ángulo de láminas delgadas desde el calibre 20, para trabajos de producción con velocidades de avance de más de 50 cmts. por minuto. Para este tipo de junta realmente - no se requiere metal de aportación. Cualquier cantidad - de metal de aportación es en exceso del necesario para - efectuar la junta. Esta aplicación es la característica extrema de la alta fluidez ya que el límite práctico de velocidad del electrodo es la velocidad a la cual el baño es capaz de seguir al extremo del electrodo para depositar un cordón continuo.

La determinación de los electrodos para soldar ace-

ros DIFICILES DE SOLDAR, es sencilla. En cuanto se sepa que el material contiene una alta proporción de carbono, azufre, fósforo, cobre u otras aleaciones causantes de grietas, deberán usarse estos electrodos. Si cuando se suelda un acero de composición química desconocida se tropieza con dificultades causadas por el agrietamiento o la porosidad, deberá siempre usarse esta clase de electrodos, sin tener para nada en cuenta el tipo de junta o de posición. Producirán cordones y soldaduras sanas y reducirán o eliminarán la necesidad de pre-calentar.

El B.S. dá las recomendaciones sobre los exámenes no destructivos a efectuarse en función de las categorías de construcción de recipientes (ver tabla IV.11).

#### GENERALIDADES:

Los diferentes tipos de unión y todo lo relativo a ellos como espesores, cantidad de metal de depósito, etc. en el ASME y JIS están contenidos en la sección de soldadura, mientras que en el B.S. estos se mencionan en un apéndice (E).

El código ASME y JIS hablan de 7 tipos principales de uniones mientras que en el B.S. se dan las preparaciones típicas dependiendo del proceso de soldadura y son 5 (apéndice E), en donde menciona, el tipo de junta en forma esquemática, el nombre y la aplicación. (ver tabla IV).

En cuanto al tratamiento de calor Post-Soldadura los 3 Códigos recomiendan un procedimiento bastante parecido, en lo único que difieren un poco es en las tablas de los gradientes de temperatura. El JIS dá la clase de material base, la temperatura a la que a de sostenerse y el tiempo al cual se sostendrá (tabla IV.3).

El ASME, clasifica a los materiales en grupos P y en base a ésta clasificación de la temperatura de sostenimiento y el tiempo al cual ha de sostenerse (tabla IV.4) baja aleación, y alta aleación).

En el B.S. nos dá el grado del material, el tipo, diferentes espesores, mencionando si es requisito u opción el tratamiento, condiciones a las cuales será el tratamiento estas son: el rango de temperaturas de mínima a máxima y el tiempo al cual se sostendrá para lo cual dá 2 valores el primero es los min/mm y de espesor y el 2do. los minutos totales. (ver tabla IV.5).

TABLA IV.4

Rango de Temperaturas recomendadas para tratamiento de calor.

Núm.tipo de material	Procedimiento de tratamiento de calor.
301, 302, 304, 308, 309, 310, XM	1850 - 2000 F
321, 347	1850 - 2000 F
316	1850 - 2000 F
309Cb, 310Cb, 316Cb.	

Referencias tabla UHA-105 ASME

a).- SOLDADURA DE ELECTRO ESCORIA.

El empleo de la soldadura de electro escoria para -- placas de acero de 2 1/4 Cr 1 Mo. extremadamente espesor es una fase distinta. Para placas de más de 4 in. en el - espesor el apagado con agua se usó para acelerar la rapidez de apagado para eliminar los granos de cristales grandes, lo cual es dañino para las propiedades mecánicas, -- inherentes en el proceso de apagado con aire. El apagado con agua y el apagado con Spray fueron examinados con una placa extremadamente gruesa de 260 mm. En ambos casos las curvas de enfriamiento concordaban en el espesor se encontró aún en la parte media de la placa; estos buenos resultados fueron obtenidos en el diagrama CCT.

Este procedimiento es ampliamente usado en Japón, cosa que en México no se ha llegado a aplicar porque este método es bastante adelantado para nuestro medio.

TABLA IV.1 TIPO DE JUNTAS SOLDADAS Y LIMITACIONES.

CODIGO	TIPO DE JUNTA	EFICIENCIAS		
		Radiogra fiado -- completo	Radiogra fiado -- por pun- tos.	Sin radio grafiar.
ASME Tabla VW- 12 Pág.74	(1) Juntas a tope como las obteni-- das por doble sol-- dadura o por ---- otros medios los cuales obtendrán la misma calidad de soldadura depo-- sitada en el exte-- rior e interior - de las superfi---- cies soldadas.	1.0	0.85	0.70
JIS Tabla 12.1 12.2 12.3 12.4 12.5	Junta a doble to-- pe o en un solo - tope con los cua-- les se obtendrán al menos la misma calidad.	100 %	95 %	70 %
ASME	(2) Junta soldada a un solo tope -- con descorte pos-- terior diferentes a los incluidos - en (1)	0.90	0.80	0.65

TABLA IV. 1 TIPO DE JUNTAS SOLDADAS Y LIMITACIONES.

CODIGO	TIPO DE JUNTA	EFICIENCIAS		
		Radiogra fiado -- completo	Radiogra fiado -- por pun- tos.	Sin radio grafiar.
JIS	Juntas soldadas - en un solo tope - con un descorte - posterior el cual permanece en su - lugar.	90 %	85 %	65 %
ASME	(3) Junta a tope con una sola sol- dadura sin el uso del descorte pos- terior.	-	-	0.6
JIS	(3) Unión soldada con un solo tope diferente a la -- (1) ó (2)	-	-	60 %
ASME	(4) Juntas a tras lape de relleno - completo doble..	-	-	0.55
JIS	(4) Junta trasla- pada a doble to- pe, relleno com- pleto.	-	-	55 %

TABLA IV. 1 TIPO DE JUNTAS SOLDADAS Y LIMITACIONES.

CODIGO	TIPO DE JUNTA	EFICIENCIAS		
		Radiogra fiado -- completo	Radiogra fiado -- por pun- tos.	Sin radio grafiar.
ASME	(5) Juntas trasla padas con un solo relleno completo con soldadura ta- pón.	-	-	0.5
JIS	(5) Junta soldada o traslape con un solo relleno com- pleto con soldadu ra tapón.	-	-	50 %
ASME	(6) Juntas trasla padas de un solo relleno completo sin soldadura ta- pón.	-	-	0.45
JIS	(6) Junta soldada a traslape con un solo relleno com- pleto sin soldadu ra tapón.	-	-	45 %

TABLA IV. 1 TIPO DE JUNTAS SOLDADAS Y LIMITACIONES.

CODIGO	TIPO DE JUNTA	EFICIENCIAS		
		Radiogra fiado -- completo	Radiogra fiado -- por pun- tos.	Sin radio grafiar.
JIS	(6) Junta soldada a traslape con un solo relleno completo sin soldadura tapón.	-	-	45 %
JIS	(8) Soldadura de relleno tipo "T" (sin incluir soldadura a penetración completa.	-	-	-

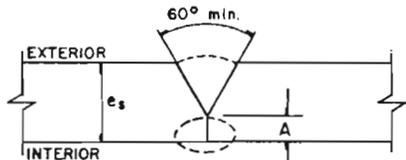
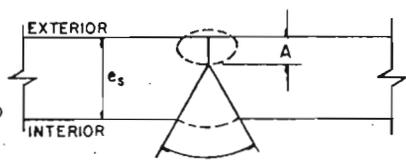
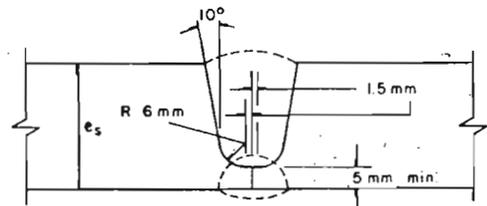
FIGURA	JUNTA	NOMBRE	APLICACION
(a)	<p>(1)</p>  <p>60° min.</p> <p>EXTERIOR</p> <p>INTERIOR</p> <p><math>e_s</math></p> <p>A</p> <p>El segundo lado preparado para el metal antes de la soldadura</p> <p>(2) PARA RECIPIENTES DE DIAMETRO PEQUEÑO</p>  <p>EXTERIOR</p> <p>INTERIOR</p> <p><math>e_s</math></p> <p>A</p> <p>60° min.</p>	<p>JUNTA A TOPE DE DOBLE SOLDADURA CON UNA SOLA "V"</p>	<p>SOLDADURAS A TOPE LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES EN PLACAS NO MAYORES DE 20 mm DE ESPESOR. LA "V" DEBERA ESTAR EN EL INTERIOR EN RECIPIENTES DE PEQUEÑO DIAMETRO COMO SE MUESTRA EN (2).</p> <p>A = 3 mm CUANDO <math>e_s</math> ES 10 mm O SUPERIOR</p>
(b)	 <p>10°</p> <p>EXTERIOR</p> <p>INTERIOR</p> <p><math>e_s</math></p> <p>R 6 mm</p> <p>1.5 mm</p> <p>5 mm min.</p> <p>El segundo lado preparado para el metal antes de la soldadura</p>	<p>JUNTA A TOPE DE DOBLE SOLDADURA CON UNA SOLA "V"</p>	<p>SOLDADURAS A TOPE LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES EN PLACAS MAYORES DE 20 mm DE ESPESOR.</p>

TABLA IV - 2

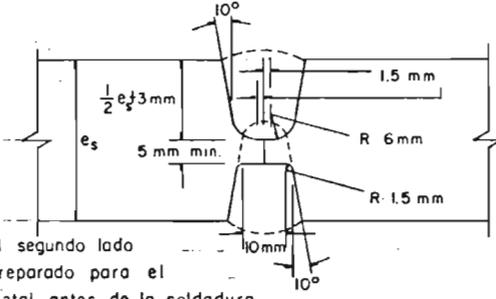
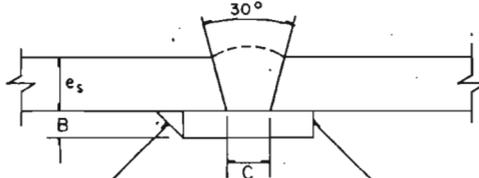
FIGURA	JUNTA	NOMBRE	APLICACION												
(c)	 <p>El segundo lado preparado para el metal antes de la soldadura</p>	<p>JUNTA A TOPE DE DOBLE SOLDADURA CON DOBLE "U"</p>	<p>SOLDADURAS A TOPE LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES EN PLACAS MAYORES DE 20 mm DE ESPESOR.</p>												
(d)	 <p>Indica ya sea soldadura punteada o continua para las condiciones de abertura establecidas.</p> <p>LAS DIMENSIONES DE SOLDADURA SON MINIMAS</p> <table border="1" data-bbox="289 918 792 1027"> <thead> <tr> <th>ESPEJOR DE PLACA</th> <th>B</th> <th>C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>HASTA 7.5 mm</td> <td>4.5 mm</td> <td>7.5 mm</td> </tr> <tr> <td>DE 7.5 mm A 12 mm</td> <td>6 mm</td> <td>9 mm</td> </tr> <tr> <td>SUPERIORES A 12 mm</td> <td>9 mm</td> <td>9 mm</td> </tr> </tbody> </table>	ESPEJOR DE PLACA	B	C	HASTA 7.5 mm	4.5 mm	7.5 mm	DE 7.5 mm A 12 mm	6 mm	9 mm	SUPERIORES A 12 mm	9 mm	9 mm		<p>SOLDADURAS A TOPE LONGITUDINALES Y CIRCUNFERENCIALES CUANDO EL SEGUNDO LADO ES INACCESIBLE PARA LA SOLDADURA.</p>
ESPEJOR DE PLACA	B	C													
HASTA 7.5 mm	4.5 mm	7.5 mm													
DE 7.5 mm A 12 mm	6 mm	9 mm													
SUPERIORES A 12 mm	9 mm	9 mm													

TABLA IV. 2

## CATEGORIAS DE CONSTRUCCION DE RECIPIENTES A PRESION.

Categoría de construcción.	Requerimiento de examen no destructiva (NDT)	MATERIAL permitido.	ESPESOR máximo (mm)	LIMITES DE TEMPERATURA.
1	100 %	Todos	Ninguna excepto donde limitan los métodos NDT.	ver: 3.1.2 superior. inferior.
2	Limitado al azar (por puntos)	Mo M1 M2 M3 M4 Acero Austenítico.	40 30 20 15 Ninguno	ver: 3.1.2 10°C -- arriba de la temperatura mínima de diseño especificada en el Apéndice) Ninguno.

## CATEGORIAS DE CONSTRUCCION DE RECIPIENTES A PRESION.

Categoría de construcción.	Requerimiento de examen no destructiva (NDT)	MATERIAL permitido.	ESPE- SOR máximo (mm)	LIMITES DE TEMPERATURA.	
				superior.	inferior.
3	Solamente visual.	Mo Acero Austenítico.	25 Ninguno.	350°C	20% superior a la temperatura mínima de diseño en el Apéndice Ninguno.

ESTA TABLA ES PARA PROPOSITOS DE REFERENCIA

TABLA IV.3

	CLASE DE MATERIAL BASE.	TEMPERATURA DE SOSTENIMIENTO (°C)	TIEMPO DE SOSTENIMIENTO (h)
1	Acero al carbón (P-1, P-2)	600 min.	T/25
2	Acero Cr-Mo -- (acero de baja aleación hasta acero 1 Cr-0.5 Mo) (P-3)	600 min.	T/25
3	Acero de Ni -- (acero 2.5 --- 3.5 Ni) (P-9)	600 min.	T/25
4	Acero Cr-Mo -- (P-4) (acero de baja aleación - hasta 2 Cr-Mo) (P-5)	680 min.	T/25
5	Sistema de Acero Inoxidable - Ferrítico (acero 18 Cr) (P-7)	740 min.	T/25
6	Sistema de Acero Inoxidable - (acero 13 Cr) - (P-6)	760 min.	T/25

(REFERENCIA TABLA 12.4 JIS)

TABLA IV. 5

## REQUERIMIENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE CALOR POST-SOLDADURA DE ACEROS FERRITICOS PARA RECIPIENTES

GRADO	MATERIAL		TRATAMIENTO DE CALOR -- POST-SOLDADURA.	CONDICIONES DE TRATAMIENTO DE CALOR POST-SOLDADURA.		
	TIPO	ESPESOR (mm) (ver 4.4.5.)		RANGO DE TIEMPO A LA TEMPERATURA (°C)	PERATURA (VER - NOTA).	Mínimo (Minutos).
Mo y M1	Aceros al carbón y al carbón -- Manganeso	35	Opcional -- (ver 4.4.3)	580 a 620	2 1/2	60
		35	Requerido		2 1/2	90
	Aceros al carbón y al C-Mn.	40	Opcional -- (ver 4.4.3. 1)	580 a 620	2 1/2	60
		40	Requerido		2 1/2	100
M2	Aceros al C-Mo	20	Opcional -- (ver 4.4.3. 1)	650 a 680	2 1/2	60
		20	Requerido		2 1/2	60
M3	Aceros Mo-B	20	Opcional -- (ver 4.4.3. 1)	650 a 680	2 1/2	60
		20	Requerido		2 1/2	60
M4	Aceros de Baja Aleación -- Mn-Cr Mo-V	15	Opcional -- (ver 4.4.3. 1)	650 a 675	2 1/2	-
		15	Requerido		2 1/2	60

GRADO	MATERIAL		TRATAMIENTO DE CALOR -- POST-SOLDADURA.	CONDICIONES DE TRATAMIENTO DE CALOR POST-SOLDADURA.		
	TIPO	ESPESOR (mm) (ver 4.4.5.)		RANGO DE TEMPERATURA (°C)	TIEMPO A LA TEMPERATURA (MINUTOS)	LA TEMPERATURA (VER NOTA).
M5	3 1/2 Ni	Opcional dentro de los límites de espesor acordado entre comprador y fabricante, de otra forma requerida.	dentro de los ---	580 a620	2 1/2	60
M6	9 Ni	Todos los espesores. No se requiere.			-	-
M7	1 Cr. 1/2 Mo.	Todos los espesores.	Requerido	630 a670 (las propiedades a temperatura alta óptima) 650 a700 (suavizado máximo).	2 1/2	60
M8	1/2 Cr 1/2 Mo 1/4 V.	Todos los espesores.	Requerido	680 a720	2 1/2	180
M9	2 1/4 Cr. 1 Mo.	Todos los espesores.	Requerido	630 a670 (alta tensión) 680 a720 (máxima resistencia a la def.prol. 719 a750 (suav. - máximo)	2 1/2	180

MATERIAL			TRATAMIENTO	CONDICIONES DE TRATAMIENT		
GRADO	TIPO	ESPESOR (mm)	DE CALOR --	TO DE CALOR	POST-SOLDADU	
		(ver 4.4.5.)	POST-SOLDA-	RA.		
			DURA.	RANGO DE TIEMPO A LA TEM	PERATURA (VER -	
				TURA --- NOTA).		
				(°C) --- Min/mm.	Mínimo	
				MIN. a - de espe	(Minu-	
				MAX. sor.	tos).	
M10	3 Cr 1/2 Mo.	Todos los espesores.	Requerido	710 a760	2 1/2	120

b).- Acero Inoxidable en Estructuras Soldadas:

En Japón a través de una serie de investigaciones -- fundamentales a investigación de sus grandes plantas, se obtuvieron excelentes resultados en T 308, 309 L y T 347. Basados en los resultados de los estudios hechos en la -- soldadura de aceros inoxidable del T 430 de la familia - ferrítica, la presente investigación trató con un trabajo de revestimiento en la superficie interna de un reactor - de desulfurización directa.

Se determinó que los detalles de horadaciones pequeñas tales como boquillas de 3 in. de diámetro pueden soldarse por procedimiento automático.

Como puede notarse en ese País, así como en Estados Unidos hay Institutos que tratan y logran mejorar las técnicas existentes mediante el estudio e investigación, por otro lado en México apenas se está haciendo algo por poner Escuelas de soldadura en donde se van a ejercitar manualmente a los soldadores pero esto es bastante bueno ya que el Mexicano por naturaleza es bueno en artes manuales lo cual lo hace destacarse en esta clase de trabajos, y - en cuanto a técnicas en dichas escuelas y en las empresas se trata de mejorar a los soldadores, operadores y técnicos para ir resolviendo los problemas del país.

c).- Procedimientos para el tratamiento de calor Post-Soldadura.

a).- La operación de tratamiento de calor post-soldadura será efectuado en concordancia con los requerimientos dados en la parte aplicable de la subsección C. usando uno de los procedimientos siguientes:

- 1.- Calentando al recipiente como un todo, en un horno cerrado. Este procedimiento es el preferible y deberá aplicarse en cuanto sea practicable:
- 2.- Calentamiento del recipiente en más de una horneada,

siempre y cuando el traslape de las secciones calentadas del recipiente sea al menos de 5 ft. Cuando este procedimiento es utilizado la porción que queda en el interior del horno ser a escudada de tal forma que el gradiente de temperaturas no sea perjudicial;

- 3.- Calentamiento de las secciones de envolvente y/o -- porciones del recipiente para tratamiento de calor post-soldadura de juntas longitudinales o detalles de soldaduras complicados antes de juntar, para terminar el recipiente.

Cuando el recipiente es requerido para ser tratado con calor Post-soldadura, y esto no es practicable para que el recipiente sea tratado como un todo o bien en una o varios hornos como en (2), cualquiera de las juntas circunferenciales no tratados previamente puedan tratarse localmente por medio del calentamiento de dichas juntas, por cualquier medio apropiado que asegure la uniformidad requerida. La amplitud de la banda calentada en cada lado de la amplitud más grande de la soldadura terminada no será menor de 2 veces el espesor de envolvente, en la porción externa del dispositivo de calentamiento -- se protegerá tal que el gradiente de temperaturas no sea perjudicial. Este procedimiento también puede usarse para tratar porciones de recipientes nuevos después de repararse;

- 4.- El calentamiento interno de los recipientes por -- cualesquier medio apropiado y con las indicaciones y dispositivos adecuados de registro de temperaturas que ayuden en el control y mantenimiento de una distribución uniforme de temperaturas en la pared -- de la envolvente. Previamente a ésta operación, el recipiente deberá encerrarse completamente con material aislante, o el aislamiento permanente podrá -- instalarse siempre que éste sea adecuado para la -- temperatura requerida. En éste procedimiento la presión interna deberá mantenerse tan baja como sea po

sible, pero sin exceder el 50% de la presión máxima de trabajo admitida a la mayor temperatura del metal esperado durante el período de calentamiento;

- 5.- Calentando una banda circunferencial que contenga boquillas u otras uniones soldadas que requieran tratamiento de calor post-soldadura en tal forma que la banda entera será llevada uniformemente hasta la temperatura requerida y sostenida por el tiempo especificado. La banda circunferencial se extenderá alrededor del recipiente cutero, incluirá la boquilla o unión soldada y se extenderá al menos 6 veces el espesor de la placa más allá de la soldadura la cual conecta a la boquilla u otra unión al recipiente. La porción externa del recipiente de la banda circunferencial se protegerá de tal forma que el gradiente de temperaturas no sea perjudicial;
  - 6.- Calentando las juntas circunferenciales de las líneas o tubos por medios apropiados sobre una banda que tenga un ancho no menor de 3 veces el ancho mayor de soldadura final. La porción externa de la banda calentada se protegerá de tal forma que el gradiente de temperaturas no sea perjudicial.
- b).- Las temperaturas para el tratamiento de calor post-soldaduras y las velocidades de calentamiento y enfriamiento para el tratamiento de los recipientes construídos de materiales para los cuales se requiere el tratamiento de calor post-soldadura se da en UCS-56 y en UHA-32.
  - c).- La temperatura mínima para el tratamiento de calor post-soldadura dada anteriormente será la temperatura mínima del material de la placa de la envolvente o de la tapa de cualquier recipiente.

Cuando más de un recipiente a presión o partes de recipiente a presión son tratados con calor post-soldadura en una misma hornada, se establecerán termocoples en

el recipiente, en el fondo, en el centro y en el tope de la carga, o en otras zonas de posible variación de temperatura tal que la temperatura indicada será la temperatura verdadera para todos los recipientes o partes de esas zonas.

- d).- El tratamiento de calor post-soldadura, cuando es requerido, se hará antes del examen hidrostático y después de cualquier reparación en las soldaduras. Un examen hidrostático para revelar fugas previo al tratamiento de calor post-soldadura es permitido.
- e).- Recipiente de espesores diferentes pueden tratarse con calor post-soldadura en un horno cargado de --- acuerdo a los requerimientos del tratamiento para el recipiente de mayor espesor en la carga.

#### 4.- REFUERZO DE ABERTURAS:

El refuerzo de las aberturas es usualmente requerido cuando la envolvente de un recipiente a presión es penetrado. Esto ocurre cuando hay bóquillas de conexión para tuberías, o aberturas para acceso e inspección. Ya que las envolventes de los recipientes a presión están usualmente diseñados para esfuerzos aproximados a los máximos admitidos por los Códigos es necesario compensar para el efecto de debilitamiento de la abertura. Los Códigos requieren que todas las aberturas superiores a 2 in. de diámetro (en algunos casos 3 in) sean previstos con un refuerzo. Esto se encuentra detallado en los párrafos de los Códigos, en el ASME en U6-32 a 42; en el B.S. en la sección III y en el JIS en la parte 2. En forma general estas reglas requieren un reemplazo del material que ha sido cortado por la abertura. Si un recipiente tiene una envolvente más gruesa que la requerida por la presión de diseño, el material a reemplazar es solamente el que podría haber sido cortado si el recipiente tenía el espesor mínimo requerido.

Los materiales que pueden considerarse para actuar como refuerzos deberán caer dentro de los límites de reforzamiento. Si la superficie del recipiente es curva, los límites del reforzamiento correrán paralelamente a la superficie. Hay también reglas para aberturas en tapas planas y para aberturas espaciadas muy cercanamente.

Los refuerzos pueden agregarse por anillos soldados de placas o barras alrededor de la abertura algunas veces un anillo pesado puede insertarse en una abertura en la envolvente. Aunque esta es aceptada por los códigos, esto no es favorable. Otro tipo el cual es usado, particularmente en recipientes a alta presión, es una boquilla forjada insertada en la envolvente. Este es un diseño excelente y la soldadura puede radiografiarse.

Los Códigos no limitan el tamaño o forma de las aberturas. Por lo que, estos tienen reglas y recomendaciones especiales para aberturas de ciertas formas y tamaños.

#### 5.- DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESION.

Los dispositivos de Alivio de presión deberán proveerse en todos los recipientes a presión y deben establecerse para bloquear a una presión que no exceda a la presión máxima de trabajo admitida. Cuando ellos bloquean (usualmente abren como resultado de condiciones anormales) prevendrán que la presión se alce más de 10% de la presión de trabajo máximo admitida. Por ello, si el recipiente se expone a fuego u otra clase inesperada de calor externo la capacidad de alivio de presión adicional es requerida y debe limitarse para una presión del 20% superior a la presión máxima de trabajo admitida. Un recipiente usado para almacenar gases licuados inflamables debe considerarse dentro de ésta última categoría.

Los dispositivos de alivio bien pueden ser válvulas o bien discos de ruptura. Para prevenir la abertura frecuente, un margen es mantenido usualmente entre la presión de operación y el establecimiento del dispositivo de

6. SECUENCIA DE FABRICACION  
DE UN RECIPIENTE A PRESION  
EN UNA PLANTA JAPONESA .



alivio. Los dispositivos de alivio de presión son usualmente instalados directamente en el recipiente o conectados a éste por una línea corta con un diámetro al menos igual a la entrada del dispositivo. La tubería de descarga de un dispositivo de alivio deberá ser larga para prevenir que la presión posterior afecte el fluido. Un arreglo de válvulas puede instalarse en la línea a partir de los dispositivos de alivio bajo circunstancias que mantendrán una protección adecuada para el recipiente.

Los discos de ruptura son usados en servicios cuando ni una fuga puede tolerarse o cuando el material involucrado puede causar atascamientos o mal funcionamiento de una válvula de seguridad o de alivio. Cuando las válvulas y los discos de ruptura se instalan en serie, estos deberán estar en tal forma que se asegure que ninguna acumulación de presión habrá entre ellos.

## 7.- FABRICACION DE UNIDADES GRANDES:

En la fabricación de unidades grandes, los procedimientos de ensamblado en el taller están gobernados por aquellos factores tales como las restricciones dimensionales de la ruta de entrega; restricciones agrupados por los medios de transportación tales como túneles, capacidad de los carros, capacidad del transporte por tierra; limitaciones de carga en los barcos; limitaciones en el manejo del equipo en los puertos; tamaño y condiciones de la transportación por mar; y las diferentes instalaciones para la carga en los puertos, etc.

Los métodos de Fabricación pueden clasificarse como sigue:

- 1.- Fabricación en el taller. 1.- Terminado en el taller. Exámenes hidrostáticos y Neumáticos se efectúan en el taller y el producto es pintado y empacado para la venta. 2.- Terminado en bloques en el taller para ensamblarse afuera. Los exámenes hidrostáticos y Neumáticos se completan y entonces el pro--

ducto es pintado y empacado. 3.- Partes terminadas en el taller, ensamblado de los bloques afuera, terminado de recipientes afuera.

## II.- Fabricación en el Campo.

1.- La fabricación en el campo, terminación en la posición horizontal sobre el terreno.

Los recipientes se sujetan a inspecciones hidrostáticos y neumáticos en la posición horizontal, entonces se pintan y se levantan a su posición.

2.- Sistema de Construcción en fila.

Después de la soldadura, el tratamiento de calor posterior a la soldadura tal como es requerido por las regulaciones. La examinación hidrostática y neumática se efectúa y se termina el recipiente.

Cuando se clasifican 2 grupos de recipientes a alta temperatura y presión el método 1.1 es el más adecuado para los recipientes a alta presión y temperatura. Particularmente cuando metales aleados en éste caso. Las mejores condiciones tanto en facilidades de fabricación como en técnicas pueden ofrecerse.

En Japón una planta ya utilizó el exitosamente el sistema de construcción 11.2 en la fabricación de una torre de gran vacío y de espesor delgado.

En éste proyecto el tratamiento de calor post-soldadura no fué requerido y el espesor de la placa no fué de más de 38 mm. Hay 3 métodos de tratamiento de calor cuando se fabrican en el campo.

Sistema de Calentamiento eléctrico, un sistema de horno de gas o de petróleo y un sistema de calentamiento infrarrojo. El método de alivio de esfuerzos locales --- horizontales y otro método llamado "el método de cobre - Caliente" en el cual una torre vertical es aislada externamente, cuando el ensamble de la torre es terminado, y la torre entera es aliviada de esfuerzos por explosiones calientes quemando gas en el interior de la torre se incluyen en el método del horno de gas.

#### 8.- ADELANTOS EN JAPON.

Para ilustrar el desarrollo cuantitativo de la producción en masa y el incremento en el alcance de la instalación de plantas, algunos ejemplos típicos de equipo de proceso a alta presión en las industrias química y refinadora de petróleo, y las especificaciones principales de los recipientes a presión requeridos en dichas plantas están tabulados en la siguiente tabla IV.6.

TABLA IV.3

Especificaciones. Equipo de altas presiones.	Capacidad. (t/d)	Presión (Kg/cm <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)	Mate- rial	Diáme- tro In- terior (mm)	Espe- sor -- placas (mm)	Peso (m-t)
Síntesis de Amoníaco	1500 550	370	230	A533 GrB	2490 2000	275 100	400 200
Síntesis de Urea	1500 1000	165 50	195 250	A516 Gr.70 6 HT, 70	2286	122 -	325
Síntesis Metanal	600	150 300	250 400	A516 Gr.70	2000	-	
Equipo de Desulfuración	-	50 200	300 450	A387- Gr.22	4270 "	160 290	465 900
Poliétileno	-	1000 3000 150 300	300 200 250	SNCM25	300 R <sub>d</sub>	120 130	- -
Reactor Nuclear	1100MW 750MW	87.9 85.7	303 300	A533Gr. B CI 1+ (E309)	6410 5570	155 138	690 514

Aunque la demanda local para estos recipientes de alta presión es pequeña, se optimiza en una gran demanda de mercado en lo futuro lo cual puede verse en el creciente número de pedidos. Se han diseñado y fabricado una variedad de unidades grandes como se muestra en la tabla 2.

De particular interés es que algunas unidades son tan largas como de 10 a 17 m. de diámetro, cercanos a los 60 m. de altura y que una unidad está siendo estudiada que pesa tanto como 900 ton. mt.

a).- Ejemplo Ilustrativo de un Recipiente Grande hecho en Japón.

Reactor de desulfurización directa hecho de placa de acero que conforman el Código ASME a-387 6d. 22 C1 2 (1/4Cr-1Mo). En su superficie interna es recubierta con acero inoxidable T 430 modificado por medio de soldadura. En el extremo de las placas se fabricó de esta forma; el corte de material dentro de 2 partes iguales fué calentado a una temperatura de 950°C después del cortado; entonces éste se formó en la forma designada en la prensa hidráulica de 8,000 Ton, se sujetó a apagado y templado, se sujetó a una preparación de orillas, y entonces se soldó para formar una forma semiesférica en la placa extrema.

El cuerpo de la envolvente tiene 2 costuras longitudinales (la unidad mayor puede tener 3 costuras longitudinales); la envolvente se corta en 2 partes iguales, calentados a una temperatura de 950°C y entonces se formó en un cilindro o por medio de la roladora de 3,000 Ton. Las 2 costuras longitudinales se sueldan por 2 máquinas soldadoras de electroescoria y entonces se sujetan a un proceso de apagado en agua y de templado los cuales se efectúan para obtener un grano fino en las soldaduras y para suministrar una resistencia total. El esforzamiento fuera de redondez debido al apagado y templado fué corregido ya sea por el método de rolado por un método de corrección para que la extensión bajo error puede confinar

se dentro de la tolerancia. En la soldadura para ensamblar acero inoxidable el Know How técnico seguido a través de los años de investigaciones y estudios experimentales fueron realizados en los institutos de investigación (fig. IV.2).

b).- Nuevos Estudios en Japón:

Problemas que aún no han resuelto son exitosamente estudiados por lo que están haciendo un gran esfuerzo -- por resolverles entre estos problemas se tienen:

Tanques y Torres grandes.

- 1.- Requerimientos para la prueba de diseño sísmica dinámicamente.
- 2.- Fabricación con material de acero 3.5% en Ni.
- 3.- Prueba del sistema de construcción de bloques.
- 4.- Empleo de soldadura Tande m.

Recipientes de alta temperatura y presión.

- 1.- Aplicación de Seguridad de calidad y Producción de Control de Sistemas clasificados para el paso de -- Trabajo.
- 2.- Establecimiento de técnicas tales como el tratamiento de calor en soldadura por electro escoria, un -- verdadero ciclo de método de referencia y método de soldadura reconstruido para los aceros inoxidables de la familia ferrítica (AISI 430).
- 3.- Técnicas de templado local para recipientes a presión con placas extra gruesas.

9.- COSTOS (INDICES ILUSTRATIVOS) SOLDADURA.

Costos de aplicación de soldadura.

ESPEJOR MINIMO = 259.1 mm  
ESPEJOR EFECTIVO = 6.5 mm  
ESPEJOR NOMINAL =  
263 + 7.5 mm

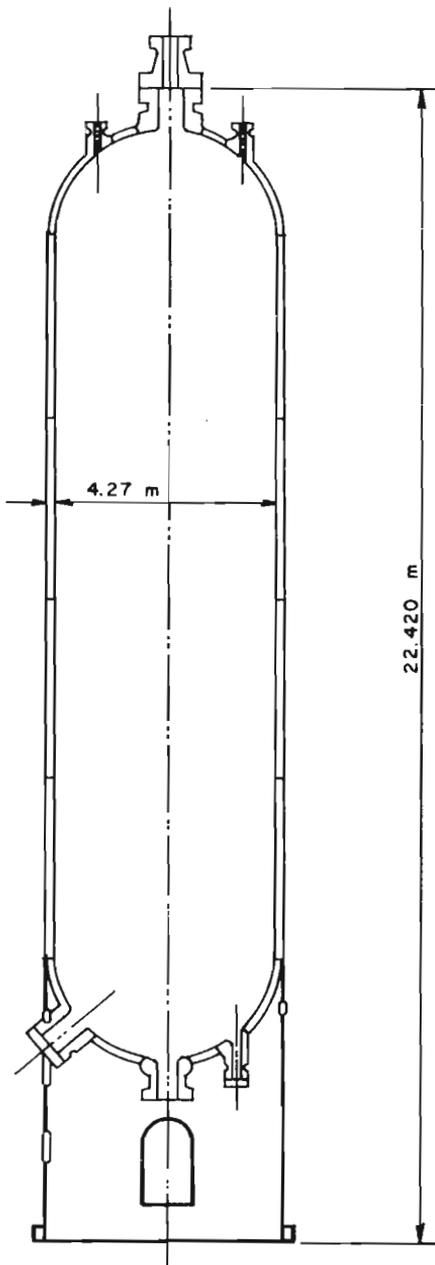


FIG. IV - 2



De tablas ó calculando el área obtenemos que el peso es:

Precio del electrodo	0.282 lb/ft
Eficiencia de depósito	\$0.22 lb
Longitud total de soldadura	60%
Costo por hora de trabajo	24 ft
Costo en sobrecabeza	\$3.00
Velocidad del viaje	\$6.00
Ciclo de trabajo	8"/min
Amperaje	30%
Vol.	80
Kw-hora	20
	\$0.03

#### SOLUCION:

Costo de Material

$$\text{Electrodo} = \frac{0.282 \times 0.22}{0.60} = 0.103$$

Costo de Operación

$$\text{Trabajo Normal} = \frac{3.0}{8 \times \frac{60}{12} \times 0.30} = \% 0.25$$

$$\text{Máquina por ft} = \frac{80 \times 20 \times 0.03}{.60 \times 8 \times \frac{60}{12} \times 1000} = \$ 0.002$$

$$\text{Sobre cabeza por ft} = \frac{60}{8 \times \frac{60}{12} \times 0.30} = \$ 0.50$$

$$\begin{aligned} \text{Costo total} &= (0.103 + 0.25 + 0.50 + 0.002) \times 24 \\ &= \$ 20.50 \end{aligned}$$

#### 10.- COSTOS DE FABRICACION:

Los costos directos de producción de una pieza del equipo de proceso incluyen los costos de material y el -

costo de la mano de obra.

El costo del material consiste del material usado en la fabricación más el costo de las piezas compradas en una fuente externa. El costo de la placa de acero, la cual ya ha sido discutido, comprende usualmente el porcentaje mayor del costo, los costos de mano de obra son siempre difíciles de estimar.

Los precios de materiales y equipos locales dependerán de los costos de trabajo y de la disponibilidad de los materiales. Si los materiales básicos deben importarse, este vendrá a ser un factor en el costo de bastante importancia.

Equipos y materiales juntos representan del 40 al 45% del costo en la construcción de equipos típicos para plantas químicas. (ver tabla IV.7). Muestra los costos relativos de materiales y equipos en algunos países donde las firmas de Estados Unidos invierten considerables sumas. La mayoría de los materiales y equipos son bastante baratos en los países Europeos y en Japón, en México se acerca al promedio de los Estados Unidos.

El trabajo de construcción representa del 20 al 35% del costo total.

Beneficios y accesorios son también conocidos como "Cargas Sociales" y cubren generalmente más áreas que las cubiertas en Estados Unidos. Cada situación deberá investigarse separadamente debido a la amplia variedad, pero algunas tolerancias típicas adicionales se discuten a continuación. En los Estados Unidos, estas tolerancias incluyen vacaciones, días de fiesta, salidas por enfermedad, seguro de salud, beneficios por la gran edad y compensaciones para las mujeres trabajadoras.

Otros beneficios incluyen beneficios y servicios suplementarios relacionados principalmente a la salud y recreación. Los beneficios familiares pueden incluir admi-

siones para los hijos, beneficios de maternidad, muerte, servicios funerales, y jubilación. Otros países pueden incluir pensiones de guerra, bonos de producción fondos de ahorros, reparto de utilidades, gratificaciones especiales, premios especiales y pagos por indemnización.

El trabajo productivo depende de la salud de la fuerza de trabajo, tanto como el número y eficiencia de las herramientas y equipos para reemplazar las operaciones de trabajo manual. Las huelgas, los días festivos y una política de intranquilidad también afectan a la productividad. Las prácticas de trabajo establecidas por los sindicatos afectan la productividad. La Standarización de las partes y equipos, técnicos y métodos aumenta la productividad.

La productividad depende también de equipos y herramientas modernas para ahorro del trabajo. Generalmente períodos bajos de trabajo arreglados por el comprador o la renta de maquinaria; grandes uniones de trabajo de bajo costo son todavía empleados, en los países subdesarrollados. El trabajo mecanizado es ampliamente usado en los países occidentales de Europa y en Japón; Su productividad se está aproximando al nivel de Estados Unidos.

Costos Completos. La comparación entre un costo local y costos en otras partes son difíciles si no es que imposibles debido a la gran variedad de tamaños y al rápido cambio de la tecnología. Se tienen disponibles datos limitados y la siguiente comparación aplica suposiciones simplificadas, la mayoría de los datos son suficientes solamente para una estimación de costos de capital fijo (ver tabla IV.8)

COMPARACION DE COSTOS DE CONSTRUCCION COMPARADOS  
CON ESTADOS UNIDOS ( PORCENTAJE )

(TABLA IV.8)

Pais	Equipo	Material	Mano de Obra	Ingrfa	Total
Estados Unidos	0.28	0.38	0.26	0.08	1
Inglaterra	0.26	0.41	0.18	0.05	0.9
Japón	0.26	0.32	0.2	0.04	0.82
México	0.26	0.35	0.35	0.04	1

Indices de 1972.

COMPARACION DEL COSTO DE LOS EQUIPOS CON  
RESPECTO A ESTADOS UNIDOS (PORCENTAJE)

(TABLA IV.7)

Equipo	E.U.	Inglaterra	Japón	México	Canada
Recipientes a Presión	1.00	0.95	0.80	0.90	1.00
Calderas	1.00	0.95	0.95	1.05	1.00

Indices de 1969.

COSTOS DE RECIPIENTES:

Las curvas de la figura IV.4 pueden usarse para la estimación de costos cuando un peso del recipiente estimado no es disponible. El costo está basado en algunos costos de recipientes a presión de 1967. Los precios están graficados como una función del volumen del recipiente para recipientes con un promedio en el espesor de 1/4" el cual - no es un diseño muy desusual;

Cuando los recipientes tienen construcciones complicadas grandes conexiones de pernos pesados, soportes de faldón es preferible estimar su peso y aplicar un costo unitario en \$/lb. Algunos datos para recipientes comprados en 1968 se grafican en la fig. 6-143. Hay una variación de alrededor de 2:1 entre el costo más bajo y el -- costo más alto. La unidad F.o.b. del costo del acero al carbón y del acero inoxidable tipo 304 fué encontrada al variar la potencia de  $-0.34$  del peso. Los recipientes de acero inoxidable frecuentemente incluyen considerable -- acero al carbón en la forma de los soportes de faldón, -- en los soportes, en las patas, en las bridas, de junta -- traslapada, en los pernos, etc. en el cálculo del peso -- equivalente de un recipiente de acero inoxidable, cada -- lb. de acero al carbón será convertido a un equivalente de 0.4 lb. de inoxidable.

Los pesos de los recipientes a presión se obtienen por medio del cálculo de la envolvente cilíndrica y de -- las tapas separadamente y entonces se agrega el peso de las boquillas y de las conexiones. El acero pesa  $0.233 \text{ lb/in}^3$  y  $40.7 \text{ lb/f}+2$  para una placa de 1" de espesor. El metal en las tapas puede aproximarse al calcular el área del dado usado para formar la tapa. El diámetro requerido del dado puede calcularse al multiplicar el diámetro del lado externo de la tapa por los factores aproximados dados en la tabla IV.9. Estos factores hacen no admitir para la brida recta la cual es una extensión cilíndrica que está formada en la tapa. El diámetro de dado obtenido de los factores deberá incrementarse 2 veces la longi -- tud de la brida, la cual es usualmente de  $1 \frac{1}{2}$  a 2", -- aunque puede ser hasta de varias pulgadas de longitud.

Los catálogos del comprador dan pesos de tapas.

El formado de una tapa delgada es en ciertas áreas. Para obtener el espesor mínimo requerido de una tapa. es necesario usar una placa que esté inicialmente gruesa. -- La tabla IV.10 dá las tolerancias para espesores adicionales.

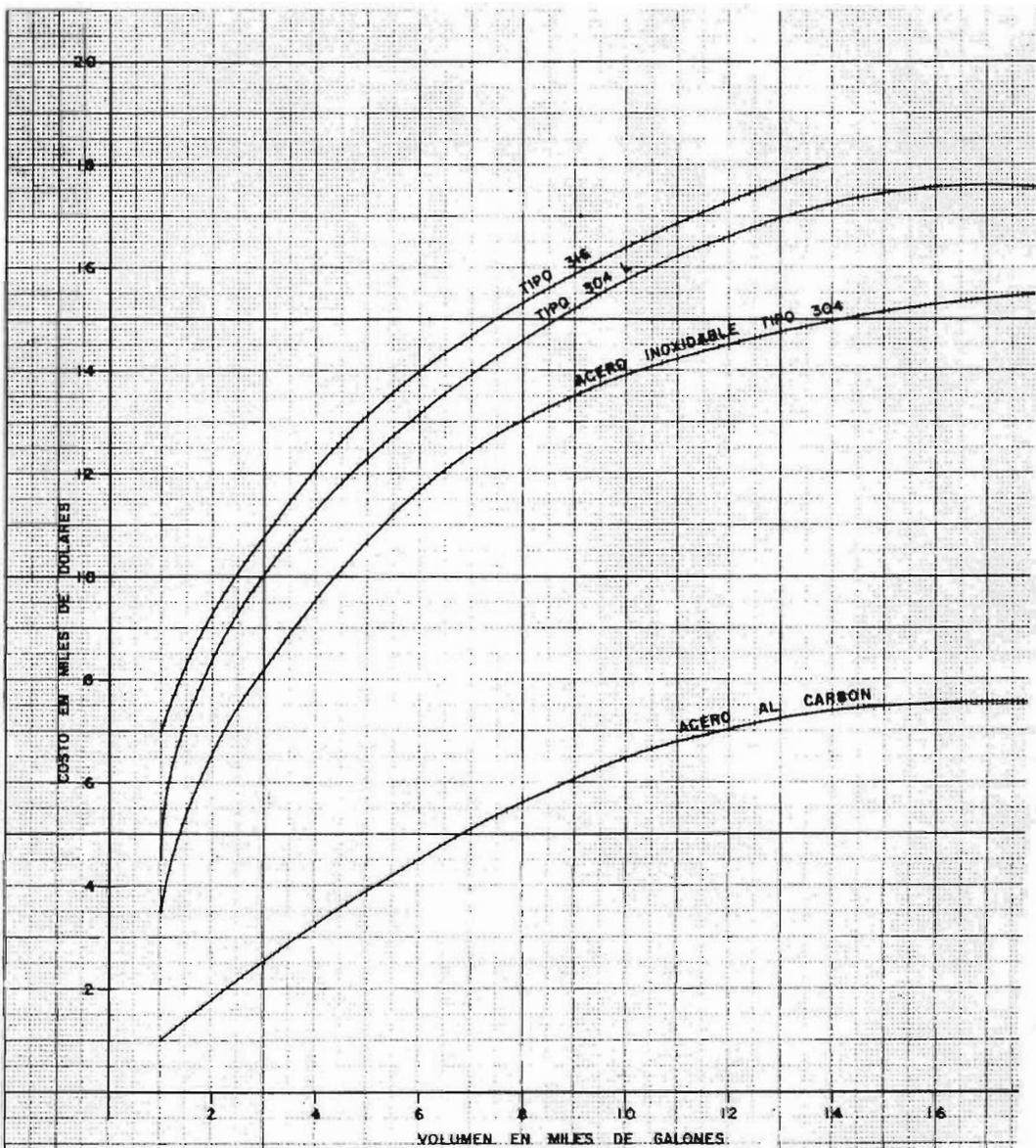


FIG. IV - 4 COSTO DE RECIPIENTES PARA ESPESOR DE 1/4 DE PULGADA (1967)

Factores para estimar el diámetro del dado para el formado de las tapas.

TABLA IV.9

Tapa	Relación / t	Factor de diámetro del dado
Tapas ASME	Superiores de 50	1.09
	De 30 a 50	1.11
	De 20 a 30	1.15
Tapa elíptica	Superior a 20	1.24
	De 10 a 20	1.30
Tapas semiesféricas	Superiores a 30	1.6
	18 a 30	1.65
	10 a 18	1.70

Espesores Extra Admitidos para tapas formadas.

TABLA IV.10

Espesor Mínimo de tapa en in.	Espesor Extra en in.		
	ASME	Y	ELIPTICAS
	Diam. externo Tapas de Diam. Hemiesféricas de la tapa -- externo superior a 150 in. inclusive.		
Hasta 0.99	1/16	1/8	3/16
De 1 a 1.99	1/8	1/8	3/8
De 2 a 2.99	1/4	1/4	5/8

## 11.- CONTROL DE CALIDAD.

Para asegurar la Seguridad Pública, es absolutamente esencial impartir la confiabilidad extrema a los recipientes a presión; dicha confiabilidad puede asegurarse estableciendo un programa de calidad exacto en su diseño, procuramiento de materiales, manufactura / e inspección/examinación.

Por ejemplo Japón en algunas de sus plantas tiene - las siguientes calificaciones: Sello JIS, sello U. y U-2 (Código ASME. Sección VIII Div. 1 y 2) para recipientes a presión para plantas Químicas y aplicaciones similares. El sello N y NPT. (del Código ASME Sección III) para recipientes Nucleares a Presión. Estados Unidos tiene el sello ASME en todas sus secciones; Inglaterra tiene - la autorización y certificación, mientras que en México no existe ningún Organismo que certifique que un recipiente ha sido construido de tal forma que cumpla con -- los requerimientos de Seguridad necesarios.

### Detalles del Control de Calidad.

La fabricación del equipo de proceso de desarrollo en el paso de diseño. La experiencia y conocimiento comprensivos en el manejo de recipientes a presión, diseño de estructuras, proceso de fabricación, soldadura, materiales y la inspección, etc. se consideran esenciales. Un diseño defectuoso que restringe el acceso de la soldadura, uno estructural que suministra pobres accesos para inspección, un tratamiento erróneo de calor que produce una resistencia reducida debido al insuficiente período de templado correspondiente al número de operaciones de templado, deberá evitarse.

También se evitará que el espesor de pared sea insuficiente cuando se termine. Dependiendo del diseño en -- las especificaciones, habrá 2 o 3 grupos de reglas aplicables. los requerimientos operacionales del cliente por su propio Know How técnico, pueden establecer el plan en

tero aún más complejo. Esta responsabilidad para el diseño debiera por lo tanto estudiar las especificaciones en cualesquier otras especificaciones relacionadas y producir buenos manuales antes de producir los planos. Es crucialmente importante para los diseñadores que ellos mismos se familiaricen con la información más reciente; es decir, los planos más recientes, las referencias y guías para procedimientos e inspecciones. Cualquier modificación en el diseño debido a los deseos del cliente o a otra necesidad debida a una iniciación incorrecta del plan deben inmediatamente detallarse.

El control de material es una de las claves en la producción. La dirección de instrucciones adecuadas para el suministrador de material; en control de calidad de los materiales; aceptación de la inspección y la adecuada y debida entrega a tiempo de los materiales son los detalles a controlar. También es importante efectuar una inspección o reconocimiento al taller del suministrador para confirmar su sistema en la obtención de calidad. Los diseñadores deberán poner atención también a cualquier requerimiento extravagante por parte del cliente el cual conducirá a un incremento del costo.

#### Operación de Producción y Comunicación.

Todos los procesos de producción se determinan en el pazo de diseño, todas las actividades de producción van progresando en concordancia con el esquema de fabricación, en las actividades relacionadas con el control de calidad se ponen también en operación. Al término de cada paso de trabajo, los registros de trabajo e inspección son confirmados, entonces se transfiere al subsecuente paso de trabajo. Cuando una modificación se considera inevitable, la información deberá retroalimentarse a la gerencia de diseño a través del departamento de Seguridad de Control de Calidad para obtener las instrucciones a seguir.

## V.- INSPECCION Y PRUEBAS. ASPECTOS GENERALES.

La inspección tanto de materiales como de la fabricación es un factor esencial en la seguridad de un recipiente a presión.

Un inspector autorizado no puede ser un empleado del fabricante, aunque el fabricante puede tener sus propios inspectores para el control de calidad.

Entre las inspecciones y pruebas que se requieren realizar tenemos las de soldadura, las de presión y las no destructivas, todas ellas para detectar fallas tanto de fabricación como de metal y así obtener finalmente un producto totalmente satisfactorio.

Y al final de este capítulo se dan algunos criterios para el cuidado de la fabricación y uso de los recipientes.

### I.- INSPECCION Y EXAMEN REQUERIMIENTOS COMUNES INSPECCION.

- 1.- Los recipientes se sujetarán a la inspección por un representante del comprador.
- 2.- Todas las superficies del recipiente para las cuales el limpiado es especificado, deben prepararse para remover las rebabas completamente y entonces se les da un recubrimiento de un adecuado inhibidor de la corrosión. Esta se realizará después de que la soldadura interna se ha terminado y después que el tratamiento de calor post-soldadura se haya realizado si es requerido.
- 3.- Previo a la inspección final del recipiente, todas las escorias, rebabas, material de soldadura aceites y materiales grasos, serán removidos de tal forma que la inspección pueda realizarse al

mejor promedio.

- 4.- La aprobación del trabajo por el inspector del comprador y/o su deliberación para que el recipiente sea entregado, de ninguna forma liberarán al fabricante, de cualquier responsabilidad para efectuar todas las provisiones que se especifican y/o el cumplimiento de la garantía.
- 5.- Las cubiertas de las entradas-hombre se colocarán antes de que el recipiente sea examinado.- Los pernos se fijarán tal que éstos puedan girarse con la mano.

#### EXAMENES:

- 1.- El recipiente y el medio en que se ha de realizar el examen no estarán a menos de 70°F, durante el examen hidrostático. Cuando la temperatura de transición ductil a frágil del acero se sabe que es, o es sospechada a 70°F o mayor, es responsabilidad del fabricante aumentar la temperatura del recipiente y del medio, al menos a 30°F más arriba de la temperatura de transición.
- 2.- Cuando se usa agua en la examinación de recipientes cubiertos con acero austenítico Cr-Ni tipo inoxidable, esta deberá ser potable y con un contenido no mayor de cloruros de 10 ppm. Los recipientes deberán después secarse, para eliminar la evaporación y la concentración de cloruros durante el almacenamiento y la entrega.
- 3.- Las uniones soldadas suministradas en las perforaciones para ventilación serán examinadas a presión neumática o hidrostática previamente al tratamiento de calor post-soldadura y al

examen hidrostático final.

- 4.- Para conocer si una soldadura con materiales - aleados es buena, esta será sometida a un examen por medio de líquido penetrante. Pajaduras o porosidad, deberán de repararse y re-inspeccionarse.

## 2.- INSPECCIONES Y EXAMENES DE SOLDADURA.

- a).- Generalidades.

Las reglas en los siguientes párrafos se aplican - esencialmente para la inspección y exámenes de recipientes a presión y partes de éstos que se fabrican por soldadura, en el ASME los trata en las 3 subsecciones A, B y C; el JIS lo trae en la sección 12 de soldadura, mientras que el E. S. lo ve en la sección 5 que trata de puras inspecciones y pruebas.

- b).- Revisión del procedimiento de soldadura.

El inspector se asegurará a sí mismo de que el procedimiento empleado ha sido calificado.

El fabricante mandará la evidencia al inspector de que los requerimientos han sido reunidos.

- c).- Revisión de la Calificación de Operadores y Soldadores.

- a) El fabricante certificará que la soldadura en los recipientes ha sido hecha solamente por soldadores y operadores quienes han sido calificados bajo los requerimientos de los Códigos y el inspector se asegurará de que solo han sido usados soldadores y operadores calificados.

b) El fabricante hará accesibles al inspector - una copia certificada del registro de los -- exámenes de calificación de cada soldador y - operador. El inspector tendrá derecho en --- cualquier momento para llamar y testificar - los exámenes del procedimiento de soldadura - o bien de la habilidad de los soldadores y - operadores.

d).- Revisión de la Práctica del tratamiento de Ca-  
lor Post-Soldadura.

El inspector se satisfecerá a sí mismo de que todo-  
el tratamiento de calor post-soldadura se ha efectuado -  
correctamente y que las lecturas de temperatura confor--  
man los requerimientos.

e).- Técnicos para Examinación Radiográfica de Jun-  
tas Soldadas.

a) Todas las juntas soldadas a radiografiarse-  
se examinarán en concordancia con el artícu-  
lo 2, de la Sección V, con algunas excep---  
ciones.

f).- Examinación por Puntos de Juntas Soldadas.  
(UW-52 ASME)

(Es reconocida como una buena herramienta de-  
inspección)

a) Los recipientes y partes a presión tienen -  
soldaduras a tope, y que no son radiografía-  
dos en toda su longitud y que son requeri--  
dos a examinarse por puntos en otros párra-  
fos de esta división, se examinarán local--  
mente por radiografía por puntos tal como -  
se prevee aquí, excepto para aquellos reci-  
pientes o partes a presión diseñados sola--  
mente para presión externa.

b) Extensión mínima de la examinación radiográfica por puntos.

- 1).- Cada punto se examinará en los primeros 50 ft. de soldadura en cada recipiente, y un punto se examinará por cada 50 ft. adicionales de soldadura o fracción de ésta, excepto en cuanto a recipientes idénticos, individualmente de menos de 50 ft. de costura, estén siendo fabricados bajo las reglas de este párrafo, 50 ft. incrementados de soldadura pueden representarse por un punto examinado.
- 2).- Dichos puntos adicionales cuando son requeridos, se seleccionarán tal que una examinación de la soldadura de cada soldador u operador sea realizada. Bajo condiciones donde 2 o más soldadores u operadores realizan las capas de soldadura en una junta, o bien en 2 lados de una doble soldadura a tope, una examinación por puntos puede representar el trabajo de ambos soldadores 1/u operadores.
- 3).- Cada examinación por puntos se hará tan pronto como sea práctico después de completar el incremento de soldadura que se examinará. La localización del punto se elegirá por el inspector, excepto cuando éste no haya sido avisado a tiempo y no pueda presentarse, el fabricante puede usar sus propios juicios en la selección del punto.

c) Standar para la examinación por puntos.

La examinación de puntos será en concordancia con la técnica prescrita en UW-51. La longitud mínima de la radiografía por puntos será 6 in. Las radiografías por puntos pueden retenerse o descartarse por el fabricante después de la aceptación del recipiente por el inspector. La aceptación de las soldaduras examinadas por medio de la radiografía por puntos será juzgada por los siguientes Standards.

- 1.- Las soldaduras en las cuales la radiografía muestra cualquier tipo de grieta, a zona de fusión o penetración incompletas serán inaceptables;
- 2.- Las soldaduras en las cuales la radiografía muestra incrustaciones o cavitaciones serán inaceptables si la longitud de dichas imperfecciones es mayor de  $2/3$  de T donde T es el espesor de la placa soldada más delgada si varias imperfecciones dentro de los límites anteriores existen en línea, las soldaduras serán juzgadas como aceptables si la suma de las dimensiones de mayor longitud tales imperfecciones no es mayor de T en una longitud de  $6T$  (o proporcional para radiografías más cortas de  $6T$ ) y si las imperfecciones de mayor longitud consideradas, están separadas por lo menos  $3L$  de soldadura aceptable, donde L es la longitud de las imperfecciones aceptables será  $3/4$  in.

Cualquier imperfección menor de  $1/4$  in. será aceptable para cualquier espesor de placa.

3.- La porosidad no es un factor en la aceptación de soldaduras no requeridas a un radiografiado completo.

d) Revaluación y Reexámenes.

1.- Cuando un punto radiografiado como se requiere en (b) (1) o (b) (2), es aceptable en concordancia con (c) (1) o (c) (2), la longitud entera de la soldadura presentada por esta radiografía es aceptable.

2.- Cuando un punto radiografiado como se requiere en (b) (1) o en (b) (2), ha sido examinado y la radiografía muestra soldaduras las cuales no cumplen con la calidad mínima requerida en (c) (1) o (c) (2), 2 puntos adicionales se examinarán radiográficamente en la misma unidad soldada en las localizaciones del punto original. Las localizaciones de estos puntos adicionales se determinarán por el inspector o por el fabricante tal como se previó para la examinación original en (b) (3).

a).- Si los 2 puntos adicionales examinados muestran una soldadura que reúna los requerimientos de calidad mínima de (c) (1) y (c) (2), la soldadura entera representada por las 3 radiografías es aceptable. La soldadura defectuosa de la primera radiografía puede removerse y repararse el área por soldadura, o puede permitirse que permanezca en la junta soldada, a discreción del inspector.

- b).- Si las dos exámenes adicionales muestran soldadura que no cumple con los requerimientos mínimos de calidad de (c) (1) y (c) (2), la unidad entera será rechazada. Toda la soldadura se removerá y se resoldarán las juntas, a opción del fabricante, la unidad entera se radiografiará y solo se corregirán los defectos que lo requieran.
- c).- La reparación de soldadura se efectuará usando en procedimiento calificado y en una forma aceptada por el inspector. La junta resoldada, o área de soldadura reparada se examinará radiográficamente por puntos en una localización en concordancia con los requerimientos anteriores de UW-52.

### 3.- PRUEBAS DE PRESION.

#### a).- Presión de Prueba Hidrostática.

La presión de prueba hidrostática a 1.5 veces la presión máxima de trabajo admitida (usualmente 1.5 veces la presión de diseño), corregida para los efectos de temperatura en los esfuerzos admitidos, es requerida por la mayoría de los Códigos. La presión de examen totalmente hidrostática se mantiene brevemente, manteniendo al personal a una distancia segura. Esta entonces cae a un valor más bajo (un valor no menos de 2/3 de la presión de examen), y todas las juntas y conexiones se chequean para encontrar fugas. Los recipientes no diseñados específicamente para servicios a bajas temperaturas deben estar a 60°F y preferiblemente más alta cuando se examina. Los recipientes vidriados, y aquellos que no puedan so-

portar el paso del líquido, o aquellos que puedan contaminarse por el líquido de examen se examinarán con aire a 1 y 1.25 veces la presión de trabajo máxima admitida en lugar del examen hidrostático.

Estos requerimientos son casi generales en todos los Códigos, solo tienen diferencias bastante pequeñas.

### EXAMEN HIDROSTATICO Y VENTA.

Cuando los recipientes a presión están terminados, sus superficies internas se limpian y se sujetan a los exámenes hidrostáticos en concordancia con los requerimientos establecidos en las reglas y regulaciones concernientes. Cuando esfuerzos de corrosión debido a los halógenos, etc. se anticipan en el examen hidrostático, agua puede usarse para restringir los contenidos de halógenos. En la terminación satisfactoria del examen hidrostático, la superficie externa sujeta a un tratamiento, y después se pinta.

Para la entrega de los productos, éstos serán cargados con la ayuda de grúas flotantes.

Para prevenir el depósito de Cloro en la superficie de Acero Inoxidable y el consecuente esfuerzo por la corrosión los siguientes pasos deberán adoptarse para el producto que será transportado por el mar.

- 1.- El aire en el interior del recipiente deberá reemplazarse con gas de nitrógeno seco, y el recipiente será presurizado y sellado.
- 2.- Las superficies de Acero Inoxidable expuestas deberán cubrirse con un agente anticorrosivo para prevenir el contacto directo con la atmósfera, y entonces una protección adecuada deberá preverse.

## b).- Exámenes Neumáticos.

ASME UG 100  
PRUEBAS NEUMATICAS.

- (A) El examen neumático prescrito en este párrafo - puede usarse en lugar de el examen hidrostático prescrito en UG-99 como sigue:
- 1.- Para recipientes que están diseñados y/o soportados los cuales no pueden llenarse con seguridad con agua.
  - 2.- Para recipientes, que no secan rápidamente y que serán usados en servicios donde trazas de líquidos examinantes no pueden tolerarse y las partes de las cuales tienen, -- donde es posible, serán probadas previamente por presión hidrostática a la presión requerida en UG-99.
- (B) Excepto para recipientes esmaltados, para los - cuales la presión de examen neumático será al - menos igual a la presión de trabajo máxima permitida que está marcada en el recipiente, la -- presión de examen neumático será al menos igual a 1.25 veces la presión de trabajo máxima permitida a ser sellada en el recipiente multiplicada por la relación más baja (para los materia-- les de los cuales el recipiente está construido) del valor de esfuerzo  $S$  para la temperatura de examen del recipiente al valor de esfuerzo  $S$  pa-- ra la temperatura de diseño.

En ningún caso la presión de examen neumático - será excedida 1.25 veces la base para la pre--- sión de examen calculada como se define en UA - 60 (e).

- (C) La presión en el recipiente será gradualmente -

incrementada en no más de  $1/2$  de la presión de examen. Después de esto, la presión de examen se incrementará en pasos de aproximadamente  $1/10$  de la presión de examen hasta que la presión de examen requerida ha sido alcanzada. En tonces la presión se reducirá a un valor igual a  $4/5$  de la presión de examen y se sostendrá por tiempo suficiente para permitir la inspección del recipiente.

La inspección visual del recipiente a  $4/5$  de la presión de examen requerida puede posponerse siempre que:

- 1.- Un examen de fuga de gas adecuado se aplique.
- 2.- La sustitución del examen de fuga de gas sea por acuerdo alcanzado entre el fabricante y el inspector.
- 3.- Todas las costuras soldadas las cuales serán ocultas por el ensamble serán sometidas a una examinación visual para la manobra previa al ensamble.
- 4.- El recipiente no contendrá una sustancia letal.

c).- ASME.

#### UG-102 EXAMENES MANOMETRICOS.

- (a) Un indicador manométrico será conectado directamente al recipiente. Si el indicador manométrico no es fácilmente visible para el operador que controle la presión aplicada, un indicador manométrico adicional será suministrado, donde éste sea visible para el operador a través de la duración del examen. Para recipientes aptos, se recomienda que un manómetro de registro se use en adición a los manómetros in

dicadores.

- (b) Los manómetros indicadores de presión usados en la examinación preferentemente tendrán cuadrantes graduados sobre un rango de arriba del doble de la presión de examen máximo destinado, aunque en ningún caso el rango será menor de 1.5 veces la presión.
- (c) Todos los manómetros estarán calibrados -- contra un examinador de peso muerto Standard o en un calibrador manométrico maestro. Los manómetros serán recalibrados en cualquier tiempo en que haya razón para creer que están en un error.
- (d) JIS

#### 14.3 EXAMENES HERMETICOS DE GASES.

Para recipientes a presión usados para gases venenosos y etc. para los cuales una fuga mínima no es tolerada los exámenes de hermetismo se harán -- después de completar el examen hidrostático o neumático por medio de la -- conexión de todos los accesorios tales como dispositivos de seguridad, -- válvulas, manómetros de presión, manómetros de presión, manómetros de nivel, etc. que han sido certificados -- para resistir presiones y de acuerdo a las siguientes provisiones:

- a) La presión de examen para un examen de hermetismo del gas, será al menos igual a la presión de operación y cualquier fuga será inspeccionada usando un agente espumante,

y etc. a dicha presión.

- b) El gas usado para examen neumático será un aire puro seco u otro gas-no dañino.

#### 4.- FRACCTURAS POR AGRIETAMIENTO.

Es probablemente el tipo de fracturas más incidentes en los recipientes a presión. Sin el agrietamiento, un recipiente a presión podía presurizarse aproximadamente hasta su resistencia última antes de que se fracturase. Con el comportamiento del agrietamiento algunos recipientes han fallado por abajo de su presión de diseño. Para reducir la posibilidad de estas fracturas se requieren los exámenes de impacto.

El agrietamiento ha sido entendido solamente alrededor de 1950, y los conocimientos en algunos de estos aspectos son todavía inadecuados. Una placa cortada o rajada de un acero de recipientes a presión, esforzada 150°F se elongaría y absorbería considerable energía antes de romperse. Esta tendría una fractura dúctil o plástica. Como la temperatura es más baja, un punto es alcanzado en el cual la placa podría dar un agrietamiento con una superficie de agrietamiento plana y ninguna elongación. La transición desde la fractura dúctil al agrietamiento se efectuó a sobre un rango de temperaturas, pero un punto en este rango se toma como temperatura de transición. Una de las formas de determinar esta temperatura es el examen de impacto de Charpy. Después de que la temperatura de transición es determinada por los exámenes de impacto de laboratorio, estos deben correlacionarse con la experiencia en el servicio de las placas de todos los tamaños. La literatura sobre el agrietamiento contiene información sobre la relación de los exámenes de impacto con la experiencia en el servicio de algunos aceros al carbón.

Un método más preciso pero más elaborado de delimitación con la transición dúctil-agrietamiento es el diagrama de análisis de fractura. Este utiliza una transición conocida como temperatura Nil Ductil (NDT), la cual es determinada por el examen de caída de peso.

Los aceros aliviados de esfuerzos, hechos para la práctica de grano fino, y normalizados reducen el riesgo del agrietamiento.

#### a).- REQUERIMIENTO DEL BS. SOBRE LAS PRUEBAS DE IMPACTO.

El código manda, que todas las placas de acero con un espesor mayor de 3mm, deberían probarse mediante exámenes de impacto de Charpy a una temperatura que no esté en exceso a la temperatura de referencia del material o bien a la temperatura mínima del material. Especifica además las dimensiones que deberá tener la pieza de examen, y el tipo de corte que ha de llevar.

Los requerimientos especificados son en relación a los resultados de los exámenes de Charpy en piezas con corte en V de 10mm. de ancho. La energía de impacto mínima especificada es el promedio de los resultados de 3 piezas de examen, además ninguno de los valores individuales debe ser menor del 75% del valor promedio mínimo especificado.

Para el carbón y carbón-manganeso con una resistencia a la tensión mínima especificada de menos de 450 N/mm<sup>2</sup>, la energía mínima de impacto especificada a la temperatura de referencia de los materiales, no será menor de 27J. Cuando la resistencia a la tensión de dichos aceros es de 450 N/mm<sup>2</sup> o mayor, la energía mínima de impacto no será mayor de 40J.

#### 5.- FATIGA DEL METAL.

Cuando esta se presenta, este es un riesgo serio. -

Los Códigos mencionan rápidas fructuaciones de la presión. En casos extremos los contenidos del recipiente - pueden afectar la resistencia a la fatiga (límite de endurecimiento) del material. Esta es una fatiga por corrosión. Aunque la mayoría de los materiales permitidos en los Códigos no son particularmente sensitivos a la fatiga por corrosión, ellos pueden, sufrir una pérdida en el límite de endurecimiento del 50% en algunos medios. Los aceros de alta resistencia tratados con calor, por otro lado, son muy sensitivos a la fatiga por corrosión.

## 6.- PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.

La examinación tanto de las placas como del recipiente terminado es importante para la seguridad. En el análisis de los riesgos de fractura, es importante para conocer el tamaño de los defectos que puedan presentarse en el recipiente terminado. Los 4 métodos más ampliamente usados en la examinación son el radiográfico, el de partícula magnética, líquido penetrante y ultrasónico.

a).- LA EXAMINACION RADIOGRAFICA. es por medio de rayos X o por radiaciones Gamma. La primera tiene un poder de penetración mayor, pero la última es mucho más - manuable. Pocas máquinas de Rayos X pueden penetrar más allá de 12 in. de espesor.

b).- TECNICAS ULTRASONICAS. Estas utilizan vibraciones con una frecuencia entre 500,000 y 10 millones de ciclos/seg. (hertz) transmitidos a metal por un. El instrumento expulsa una serie de pulsos. Estos se muestran sobre una imagen de rayos Catódicos cuando son emitidos y de nuevo cuando retornan después de haber sido reflejados en el lado opuesto del miembro. Si hay una grieta o rajadura o bien una inclusión a lo largo del camino, - esta parte se reflejará. El pulso inicial y su reflexión son separados en la imagen por una distancia, la cual - representa al espesor. La reflexión de un defecto caerá

entre estas señales e indicará su magnitud y posición.- La examinación ultrasónica puede usarse para cualquier magnitud en el espesor del material desde una fracción in. hasta varios ft. Su uso depende de la forma del cuerpo, debido a que superficies irregulares pueden dar reflexiones confusas. Los ultrasónicos pueden transmitir pulsos normales a la superficie o a un ángulo. Los transmisores de pulsos que son oblicuos a la superficie pueden resolver un gran número de problemas de inspección especial.

c).- LA EXAMINACION POR PARTICULA MAGNETICA.

Es usada solamente en materiales magnéticos. Un flujo magnético es pasado a través de la parte y en un camino paralelo a la superficie. Las partículas finas magnéticas, cuando están sobre la superficie, se concentrarán cerca de las orillas o grietas. La sensibilidad de la examinación de partícula magnética es proporcional al seno del ángulo entre la dirección del flujo magnético y la dirección de la grieta. Para estar seguros de haber inspeccionado todas las grietas, es necesario probar el área en dos direcciones.

d).- LA EXAMINACION DE LIQUIDO PENETRANTE involucra al humedecimiento de las superficies con un fluido el cual penetra en las rajaduras abiertas. Después el exceso de líquido es secado, la superficie se cubre con un material el cual revelará cualquier líquido que ha penetrado en las grietas. En algunos sistemas una tinta coloreada escurrirá de las grietas y las cubrirá tiñéndolas. Otros sistemas usan un penetrante que sea fluorescente bajo la luz ultravioleta.

Cada uno de estos cuatro métodos tiene sus ventajas y sus desventajas. Frecuentemente mejores resultados se obtienen utilizando más de un método. Las examinaciones de partícula magnética y líquido penetrante son efectivas en rajaduras en la superficie. La examina

ción radiográfica y la ultrasónica, por otro lado, son exámenes excelentes bajo la superficie. Ningún método de examinación no-destructiva puede garantizar la ausencia de defectos. Hay otras examinaciones menos usadas y que no son mencionadas por los Códigos. Entre éstas se tienen, exámenes de resistencia eléctrica, acústicos, exámenes térmicos y técnicas de corrientes-remolinos. Para una mayor información sobre las técnicas de exámenes no-destructivos ver "Nondestructive Testing -- Hand book" (Robert C. Mc Master, ed., Ronald Press. New York, 1959).

#### 7.- COSTO DE PRUEBAS.

Normalmente las pruebas destructivas están por el orden de \$200.00 a \$400.00 por probeta dependiendo al esfuerzo que se someta.

Las pruebas radiográficas tienen un costo aproximado de \$2,500.00 por turno más el precio por placa radiográfica que varía de \$30.00 a \$150.00. La inspección ultrasónica en general tiene un costo de \$1,750.00 por turno.

La inspección con partida magnética tiene un costo aproximado de \$1,600.00 por turno.

#### 8.- CUIDADO DE LOS RECIPIENTES A PRESION.

La protección contra presiones excesivas es tomado muy en cuenta por los requerimientos de los Códigos para dispositivos de alivio. La exposición al fuego es también cubierta por los Códigos. El Código, no prevé para la posibilidad de un sobrecalentamiento local y el debilitamiento de un recipiente en un incendio. El aislamiento se reduce a lo requerido por la capacidad de alivio y también reduce la posibilidad de un sobrecalentamiento local.

Una válvula que reduce la presión es una línea dirigida a un recipiente a presión no es una protección adecuada contra una sobrepresión. Su falla sujetará a una línea de presión completa a menos de que el dispositivo de alivio de presión pueda mantener una presión segura bajo estas condiciones. Un orificio adecuado del lado de alta presión de la válvula reductora ayudará.

Los recipientes que tienen un ciclo de operación el cual involucra la solidificación y refusión de sólidos puede desarrollar presiones excesivas. Un tapón sólido de material puede sellar uno de los extremos del recipiente. Si se aplica calor en el extremo para causar la fusión, la expansión del líquido puede provocar una alta presión y la posibilidad de una ruptura. La solidificación en las tuberías conectadas puede crear problemas similares. Algunos recipientes pueden exponer a reaccionar químicamente o aún a una explosión. Esto requiere de válvulas de alivio, discos de ruptura, o en casos extremos a una barricada (recipientes desechables). Un recipiente con discos de ruptura grandes necesita anclas diseñadas por el empuje o chorro cuando el disco bloquea.

El vacío debe ser considerado. Es primeramente posible siempre que los contenidos de un recipiente deban contraerse o condensarse suficientemente para sujetarse a un vacío interno. Si el recipiente no puede sostener el vacío, este deberá tener válvulas de rompimiento al vacío. Una operación inadecuada de un proceso puede resultar en el exceso de la temperatura de diseño del recipiente. Un control adecuado es la única solución a este problema. Los procedimientos de mantenimiento pueden también causar temperaturas excesivas. Algunas veces los contenidos de un recipiente pueden quemarse con quemados. Si la flama inside sobre la envolvente, el sobrecalentamiento puede ocurrir y con esto un daño.

La temperatura excesivamente baja puede involucrar el riesgo de una fractura. Un recipiente que está fuera de uso en clima frío puede estar a una temperatura de --

subcero y abajo de su temperatura de ductibilidad. En el arranque, el recipiente deberá calentarse lentamente y - uniformemente hasta que esté alrededor de N.D.T. Un valor seguro es 100°F, para la placa si el N.D.T. es desconocido. El recipiente no deberá presurizarse hasta que esta temperatura sea excedida. Aún después de que se ha pasado el N.D.T., un calentamiento excesivamente rápido o bien un enfriamiento pueden causar grandes esfuerzos - térmicos.

La corrosión es probablemente el mayor reductor de la vida del recipiente. Los recipientes parcialmente llenos frecuentemente tienen severos desgastes en la interfase vapor-líquido. Los recipientes usualmente no tienen una corrosión admitida o tolerada en el exterior. La carencia de protección contra el clima o contra el derramamiento de productos químicos corrosivos puede reducir la vida del recipiente.

El aislamiento puede contener sustancias dañinas. Los cloruros en materiales aislantes pueden causar rajaduras en los aceros inoxidables.

Hay muchos medios en los cuales el recipiente a presión puede sufrir daño mecánico. Las envolventes pueden aboyarse o más aún pueden caerse o pueden tener cables mal conectados, los tornillos pueden romperse, las bridas se doblan por un apriete excesivo, las superficies de contacto de las empaquetaduras pueden aboyarse, etc.- Muchas de estas formas de daño pueden prevenirse por el uso del cuidado y el sentido común. Si el daño es reparado por enderezamiento en una envolvente aboyada éste necesariamente deberá aliviarse de esfuerzos en el área reparada. Algunos aceros son susceptibles al agrietamiento después de severos esforzamientos. Un procedimiento seguro es cortar el área dañada y reemplazarla. Cualquier reparación, por lo tanto, es aceptable si es hecha en concordancia con las reglas del Código.

Los recipientes a presión deberán inspeccionarse pe

riódicamente. Ninguna regla puede darse para la frecuencia de estas inspecciones. Esta depende de las condiciones de operación. Si las primeras inspecciones de un recipiente indican una baja rapidez de corrosión, los intervalos entre las inspecciones pueden ser de menor tiempo. Algunos recipientes son inspeccionados en intervalos de 5 años, otros tan frecuentemente como cada año. La medición de la corrosión es un detalle de inspección importante. Uno de los medios más convenientes de medir el espesor (y la corrosión) es usando un manómetro Ultrasónico. La localización de la corrosión y de si está uniformemente localizada deberá observarse y reportarse. Rajaduras, cualquier tipo de distorsión, y las fugas deberán observarse. Las rajaduras son particularmente peligrosas debido a que pueden causar una falla repentina. Los aislamientos son usualmente retirados durante la inspección. Si, por lo tanto, una severa corrosión en el interior es esperada, el aislamiento deberá removerse. Todas las formas de examinación no destructivas son satisfactorias.

El cuidado en el reensamble del recipiente es particularmente importante. Las empaquetaduras deberán localizarse adecuadamente, particularmente si están en las muescas. Los tornillos deberán apretarse en la secuencia adecuada. Dos tornillos,  $180^\circ$  apartados, deberán apretarse primero entonces 2 más a  $90^\circ$  de este par se apretarán, etc. Nunca se apretarán sucesivamente alrededor de la circunferencia. Después del apretado, sechecharán aquellos que fueron primeramente apretados. Después del ensamble, los recipientes son algunas veces sometidos a examen hidrostático.

## VI.- MEXICO EN RELACION CON LOS OTROS PAISES, EN CUANTO A TECNOLOGIA.

Como una de nuestras preocupaciones ha sido y es el de ver la situación de México en relación a otros países bastante desarrollados tecnológicamente, en este capítulo lo mencionaremos algunos de los casos que se han hecho en México en el ramo que nos ocupa. Así como damos algunas conclusiones que a nuestro juicio serían un incentivo para estudiar más a fondo nuestros problemas y darles una solución.

### I.- MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA SIDERURGICA EN MEXICO.

1.- El acero es sin lugar a dudas, un producto básico que desempeña un papel de primer orden en el desenvolvimiento económico de los países en desarrollo y es, en los países industrializados, determinante para conseguir y sostener un alta tasa de crecimiento industrial.

En México, en los últimos 6 años se ha dado un impulso muy notable a la industria siderúrgica, gracias a lo cual ha sido posible incrementar la producción de acero de 3.8 millones de toneladas en 1970 a 5.4 millones de toneladas en 1975, y 5.7 millones de toneladas en 1976 (ver Fig. VI.1)

Las proyecciones del consumo para los años próximos indican que para 1982 la demanda nacional de acero será prácticamente 12 millones de toneladas y que para fines del presente siglo será del orden de los 40 millones de toneladas, razón por la cual las distintas empresas siderúrgicas de México, ya sean del sector privado o del sector estatal, ya han puesto en marcha amplios planes de

expansión, a fin de llegar a satisfacer la demanda oportunamente. (ver Fig. VI.2).

Obviamente, el desarrollo de la industria siderúrgica lleva implícito el crecimiento de la infraestructura minera en que se apoya, lo que le permitiría contar con la disponibilidad oportuna de materias primas básicas -- que intervienen en los procesos de fabricación del arrabio o hierro de primera fusión.

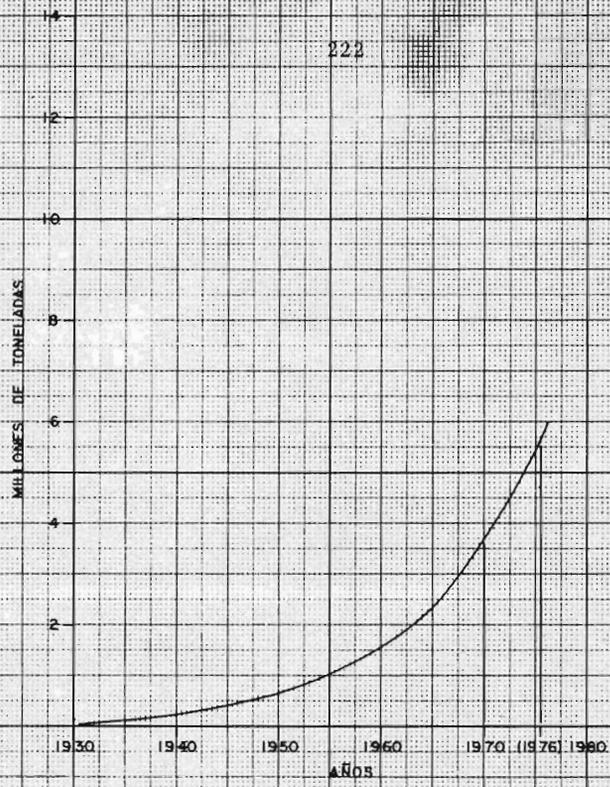
En el grupo de los insumos básicos a que se hace -- mención en estas notas figuran en primer término el mineral de hierro, que es insustituible; el carbón mineral, -- los fundentes y el agua.

Con el ritmo de crecimiento de la demanda de productos de acero, de acuerdo con el cual la producción debe duplicarse prácticamente cada 8 años, la producción de -- los insumos básicos debe ser correlativa, lo que signifi -- ca que en los años por venir tendrá que desplegarse una -- muy intensa actividad en los campos de la exploración y -- la producción de tales insumos, particularmente del mineral de hierro y del carbón.

Hasta la fecha la industria siderúrgica ha obtenido de fuentes de suministro nacionales la mayor parte de -- los insumos requeridos, debiendo hacerse excepción par -- cial en años recientes de ciertos tipos de carbón mine -- ral y de coque, si bien la tendencia ha sido y es la de -- ir reduciendo hasta llegar a eliminarlas por completo -- en poco tiempo las importaciones de tales materiales, ta -- rea en la que han puesto todo su empeño tanto el sector -- privado como el sector oficial.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

En relación con las materias primas para la indus -- tria siderúrgica, se desprenden las siguientes conclusiones y recomendaciones:



222

FIG VI - I PRODUCCION NACIONAL DE ACERO

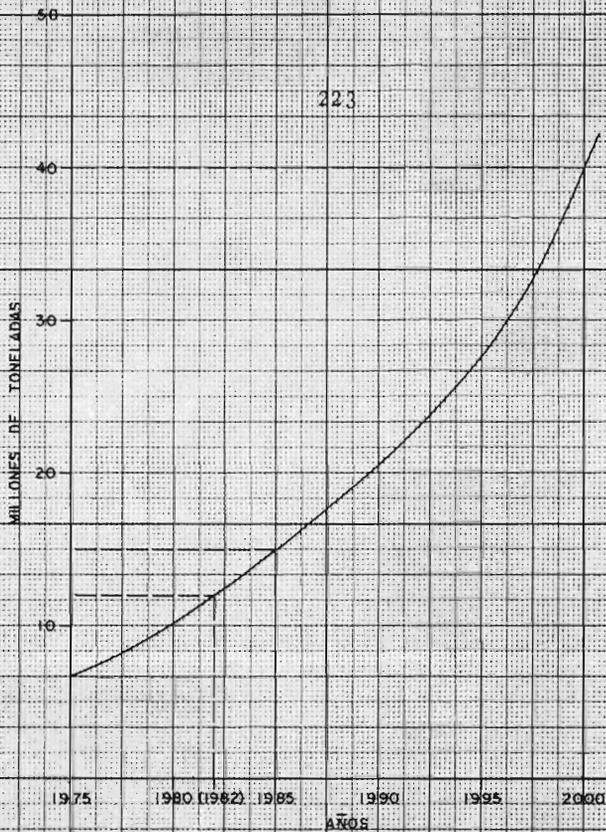


FIG. VI - 2 DEMANDA NACIONAL DE ACERO

## 1.- MINERAL DE HIERRO.

Las reservas medidas, 600 de toneladas son suficientes en conjunto para garantizar el desarrollo y expansión de la siderurgia nacional hasta los primeros años de la década de los noventa, pero no lo serán a mayor plazo, por lo que es necesario poner en ejecución a la brevedad posible proyectos de exploración intensiva para la búsqueda, localización y cuantificación de reservas adicionales de ese mineral. Para el desarrollo de estos trabajos deben conjugarse los esfuerzos del sector privado y del sector estatal, asignando a las instituciones correspondientes de este último los recursos que sean necesarios para acelerar el proceso exploratorio.

Deben preverse y en su caso agilizarse las inversiones para ampliar las instalaciones de beneficio y aglomeración de minerales de hierro cuando menos en forma concordante con el crecimiento de la demanda interna de acero. Se estima que tales inversiones serán, a 1982, de 3400 millones de pesos, a precios normales, costo menor del que se tendría que pagar en caso de tener que importar mineral por carecer para entonces, de aquellas instalaciones.

## 2.- CARBON.

1.- La explotación de carbón para fines siderúrgicos se hace en escala industrial únicamente en la Región carbonífera de Sabinas, en el Estado de Coahuila.

2.- Las reservas "in situ" de carbones coquizables en esta región son de 1100 millones de toneladas. Con un índice de recuperación por minado, de 70%, resulta que disponemos de 770 millones de toneladas, suficientes para abastecer a la siderurgia hasta fines del presente siglo, sin embargo es necesario mantener una adecuada relación de reservas a producción, lo que presupone la necesidad de desarrollar un programa de exploraciones que permita reponer las reservas que se consuman y acrecentarlas para garantizar suministros futuros. El programa general de exploración de carbón ha sido ya iniciado.

3.- Debido al acelerado crecimiento de la industria siderúrgica el consumo de carbón ha sido superior a la capacidad de producción, por lo que ha sido necesario -- efectuar algunas importaciones de carbón en los últimos años. Por ello y puesto que contamos con las reservas -- adecuadas, es imperativo incrementar y acelerar los trabajos de apertura y puesta en marcha de nuevas minas de carbón. Esto deben hacerlo las propias empresas siderúrgicas, pero si les faltasen recursos para hacerlo en la medida que se requiere, debería intervenir el Estado --- creando para el caso una empresa Carbonera, pues el problema a resolver es de carácter nacional.

4.- Acorde con el incremento de producción de carbón de mina, en función de la demanda siderúrgica, deben preverse la ampliación y la instalación de nuevas plantas lavadoras de carbón y coquizadoras.

### 3.- FUNDENTES.

1.- Por lo que toca a los fundentes--fluorita, dolomita y caliza-- que se usan en la siderurgia, son abundantes y, salvo el problema de tener que hacer en un momento dado acarreos más largos de acuerdo con la ubicación de los yacimientos respecto a los centros de consumo, no se ve problema en cuanto al suministro.

### 4.- AGUA.

1.- Considerando que la escasez de agua es un factor limitativo para la ampliación o para la instalación de nuevas plantas siderúrgicas en las regiones semi-áridas del país y tomando en cuenta, además, otras razones de carácter económico, se dejan ver las ventajas y la -- conveniencia de instalar alguna de las plantas siderúrgicas que se construyan en el futuro, sobre la Costa del -- Golfo de México.

## 2.- IMPORTACION DE MATERIAS PRIMAS PARA LA INDUSTRIA SIDERURGICA Y PRODUCTOS SIDERURGICOS.

A continuación incluimos una relación sobre la "Importación Nacional de Materias Primas para la Industria Siderurgica y de Productos Siderúrgicos en 1975".

Del estudio de los datos anteriores y conociendo -- los datos de producción y de demanda de acero nacional, -- concluimos que en cuanto al renglón de materiales, las -- cantidades que son necesarias importar son bajas, y gracias al auge de la industria siderúrgica nacional en un futuro, será posible lograr la autosuficiencia; el problema que existe, es que la industria siderúrgica nacional no produce los materiales requeridos en la fabricación de los recipientes utilizados por las industrias -- químicas y petroquímicas, lo cual aunado al atraso tecnológico y en materia de investigación, nos conduce a seguir requiriendo materiales de importación.

Sobre la importación de equipos construídos, podemos agregar que también esto tiende a disminuir, aunque no a la rapidez que deseáramos, debido a que, como comentamos anteriormente, la falta de producción de los materiales requeridos, y también a la falta de maquinaria necesaria en la fabricación del recipiente, este factor -- afecta sobre todo a la construcción y formado de tapas -- para recipientes de gran tamaño, las cuales por la falta de grandes prensas en las industrias mexicanas, es necesario que sean adquiridas en el exterior. Los factores -- comentados anteriormente, son de gran importancia, por -- lo que deben de analizarse por las industrias fabricantes, por los suministradores del material y por las industrias que requieren de los equipos, ya que con un esfuerzo conjunto se podría conseguir que tales importaciones fuera reduciéndose.

Importación Nacional de Materias Primas para la In-

industria Siderúrgica y de productos siderúrgicos en 1975.  
Cámara Nacional de la Industria del Hierro y del Acero.  
Departamento de Estudios Económicos.

(Cantidad en Toneladas		-	Valor-Miles de pesos)	
Fracción Arancelaria	Concepto	Cantidad-Valor		
	Materias Primas			
26.01.A.003	1.-Mineral de hierro	34,144	10,518	
	2.-Carbón Mineral	447,030	323,501	
27.04.A.001	3.-Coque	102,835	84,023	
73.03.A.001	4.-Chatarra	15,755	17,544	
	Productos Siderúrgicos			
	1.-Hierro de la.Fusión	122,321	233,741	
73.02.A.001	2.-Ferroaleaciones	5,692	41,368	
	Productos Elaborados			
73.08.A.001	1.-Plancha	23,280	117,680	
73.22.A.001	2.-Recipientes cilíndricos, y tanques	33	1,329	
		816	12,839	
73.22.A.999	3.-Tapas o fondos	816	12,839	
73.24.A.999	4.-Tanques Creogénicos	170	5,148	

### 3.- TECNOLOGIA UTILIZADA EN MEXICO PARA LA CONSTRUCCION

#### DE RECIPIENTES A PRESION.

Uno de los objetivos más importantes de los ingenieros y técnicos mexicanos, ha sido en el pasado y en esta época, el desarrollo de una tecnología que se refleje en nuestras vastas necesidades y esté en concordancia con -- nuestro medio.

La relativamente reciente entrada en México a la época de industrialización, aunada a la necesidad imperiosa de lograr resultados a corto plazo, ha sido y es causa de

que en México, la porción principal de la tecnología utilizada, sea originada de países extranjeros que hace --- tiempo alcanzaron un grado avanzado de industrializa--- ción y desarrollo tecnológico.

La tecnología, cualquiera que sea su origen, puede ser aplicada si se conjugan los elementos necesarios, con mayores o menores problemas de interpretación y de adaptación a nuestro medio.

Los diseños que se realizan en México en el ramo de Recipientes a presión, se basan en 2 importantes fuentes de tecnología:

La tecnología básica que define las características que debe tener un recipiente a presión, para que realice las funciones que tiene por objeto.

La tecnología normativa representa -por códigos y - normas que definen aspectos de diseño, procedimientos y - fabricación, capacitación de control de calidad en su -- personal respectivo, etc.

### TECNOLOGIA BASICA.

La tecnología básica que se utiliza en México puede catalogarse como proveniente de dos fuentes:

Técnicas y Empresas Nacionales.  
Empresas e instituciones extranjeras.

De las fuentes mencionadas la que tiene mayor importancia en cuanto a la aportación, es la correspondiente a las empresas e instituciones extranjeras.

### COMENTARIOS:

Cabe prever que en México, se continuará utilizando la tecnología básica nacional existente, incrementada con la que se vaya desarrollando, completándose en casos

necesarios, con tecnología básica extranjera de mayor -- aplicabilidad a nuestro medio, adquirida bajo condicio-- nes favorables al país.

#### La Comunicación Tecnológica.

En México en el ramo de recipientes a presión, se -- dispone de tecnología normativa como elemento de referen-- cia: Códigos, reglamentos, ordenanzas y normas guberna-- mentales, así como códigos y normas de uso generalizado-- en el ramo propio y en otros ramos relacionados.

Los elementos de referencia disponibles cumplen con el propósito de comunicación nacional y permiten al dise-- ñador, el operar así mismo, con clientes diseñadores y -- proveedores prácticas comunes o fácilmente equiparables-- a las usadas en México.

#### COMENTARIOS.

El diseñador nacional está en la posibilidad de ope-- rar con apego a cualesquier norma extra--nacionales que -- el cliente determine sean utilizadas.

Los problemas inherentes a la comprensión de tecno-- logía en un idioma extranjero para nuestro medio habi--- tual dificulta, pero no imposibilita la comprensión y -- aplicación de tal tecnología normativa, la cual asimila-- da por el diseñador y ya en forma final en nuestro idio-- ma y sistemas de medidas en uso generalizado, se haría -- llegar a proveedores de materiales y componentes fabri-- cantes, inspectores encargados de control de calidad, -- etc.

Los diseñadores nacionales realizan un gran esfuer-- zo cuando diseñan y construyen un recipiente a presión -- bajo una tecnología normativa exótica para nuestro medio.

Y va encontrándose con los siguientes problemas y -- resolviéndolos según se lo permitan los medios a su al-- cance.

A partir de la tecnología básica, el diseñador inicia sus labores para realizar el diseño, primero requiere de los materiales a utilizar.

El análisis y características del acero a utilizarse no coinciden con los aceros usualmente producidos en el país, las empresas siderúrgicas pueden producir tal acero siempre y cuando el tonelaje ordenado permita efectuar su producción a la capacidad usual de sus instalaciones.

El cliente encara la probable dificultad de absorber un gran exceso de tonelaje de acero de uso poco común en nuestro medio.

Aquí es donde el cliente tiene que ver las alternativas:

1.- Qué resulta más económico, si adquirir el acero por producirse en alguna siderúrgica nacional, pero arriesgándose a que la calidad del producto no sea satisfactoria, y esto conduce a la negación de un permiso de importación debido a las leyes Nacionales existentes en su afán de proteger a la Industria Nacional.

2.- En caso de conseguir permiso de importación realizar un estudio tanto técnico como económico incluyendo los costos por fletes y el tiempo de entrega, ya que este último muchas veces en caso de concurso, resulta un factor determinante para adquirir el contrato en concurso.

Confirmada la disponibilidad del material, se efectúa el diseño de acuerdo con los elementos de referencia fijados, exóticos para nuestro medio; se verifica la correcta interpretación de los mismos y se procede a establecer las especificaciones en nuestro idioma y sistema de medidas, con las tapas para el recipiente, de inmediato se presentará el problema de que no existen en México dados para prensar tapas de las dimensiones requeridas: el cliente deberá mandar a fabricar un juego de dados especiales o importar las tapas ya formadas.

Se establecerán con prolijo detalle los procedimientos de fabricación, de soldadura, de inspección de soldadura de control de calidad, se verificará que el recipiente así producido cumpla con los requisitos de las entidades gubernamentales con jurisdicción sobre su fabricación, instalación y uso, aspecto este último común en cualquier caso de diseño, se entrenará personal de inspección del cliente en los aspectos correspondientes de los elementos de referencia fijados, etc.

Finalmente se contará con un producto totalmente satisfactorio a un costo alto.

Para efecto del proceso hasta la terminación de este recipiente, la comunicación de la tecnología requerida de la clara y prolija especificación de todos los aspectos normativos.

El costo inherente a lograr la comunicación tecnológica, sin considerar otros factores, encarecerá el producto final en forma inaceptable.

La tecnología normativa como factor de comunicación es decisiva, tanto para el logro de resultados en niveles económicos atractivos, como para la participación en la venta de servicios o de bienes de consumo en los mercados que comparten tecnologías normativas, cuyas bases sean comunes o fácilmente equiparables.

Elementos de Referencia utilizados en México para especificación y diseño de recipientes a presión.

Los elementos de referencia son fundamentales: El Reglamento de Inspección e Instalación de Generadores de Vapor y Recipientes sujetos a presión de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, las Normas de Materiales de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio, las Normas Amime-ASME complementadas por las Normas ASME mismas y otras Normas y Códigos de uso generalizado en el ramo.

Por su amplia difusión tienen aplicabilidad los elementos de referencia mencionados, en la especificación de materiales y componentes a proveedores nacionales y extranjeros que en su ramo industrial utilizan normas propias equiparables o comunes con las mencionadas, tienen aplicabilidad así mismo en el diseño, en los procedimientos de fabricación y montaje de recipientes a presión y en la calificación de personal especializado en soldadura o en procedimientos de control de calidad.

La utilización de los nuevos avances tecnológicos de aplicabilidad comprobada es importante para el diseñador y para todos los participantes en el ramo, al efecto, los elementos de referencia más utilizados están sujetos a revisiones periódicamente para actualización.

#### COMENTARIOS.

El aspecto de comunicación recién mencionado no es el privativo en la necesidad que tiene el diseñador de contar con elementos de referencia, no es posible pensar en la realización de un diseño técnico y económicamente adecuado sin la disponibilidad de dichos elementos que se han indicado, están constituidos por la tecnología normativa.

Si no existiesen elementos de referencia, el diseñador habría de formularlos y en su lugar de poder aprovechar la vasta experiencia de un gran número de aportaciones tecnológicas comprobadas, de nivel personal, institucional, nacional e internacional, habría de remitirse a las experiencias de sus elementos técnicos propios y a las que pudiera obtener en su ámbito inmediato. La tecnología normativa que así produjese el diseñador no sería en forma alguna igual en calidad a la de los elementos de referencia actualmente actualizados en México.

Si el diseñador tuviese que dedicar tiempo y en gran cantidad por cierto, a desarrollar tecnología norma

tiva, buena o mediocre que resultase, no aportaría suficiente aplicación técnica a la optimización del diseño, que al requerir el análisis de alternativas viables, implicaría la ampliación de la tecnología normativa.

En resumen, para la ejecución de un buen diseño, y en todos los casos, un buen diseño requiere de su revisión hasta lograr su optimización, el diseñador necesita disponer de buenos elementos de referencia, actualizados, en uso generalizados y adecuado al medio del ramo del diseñador.

#### 4.- PUNTOS DE VISTA DEL SECTOR FABRICANTE.

Es frecuente que al hablar de tecnología nos estamos refiriendo, simultáneamente, a una serie de ideas diferentes.

Dentro del campo de las calderas y los recipientes a presión, el concepto, en primer lugar, incluye los principios básicos de resistencias de materiales, Mecánica Aplicada y Termodinámica, que se exponen en los libros y cursos, y como tal, son del dominio público.

Además y también fácilmente accesibles, se cuenta con un importante acervo de conocimientos relacionados con diseño, procedimientos de fabricación y de inspección, reunidos en normas de seguridad, nacionales o internacionales, como la "DIN" alemanas, el Código ASME de EEUU o el "ISO".

Por último, la acepción más frecuente de tecnología es la relacionada con aquellos diseños, procesos y nombres comerciales que, por ser propiedad privada y estar cubiertos por patentes y marcas registradas, su uso aplica el pago de regalías.

Al llegar a este punto, debemos hacer una distinción entre calderas y recipientes a presión. En efecto, independientemente de que la ingeniería de aplicación e

inclusive, determinadas mejoras o adaptaciones al diseño básico, se desarrollen en México, la mayoría de las calderas que se venden en el país son de diseño y marca extranjera. Inversamente salvo contadas excepciones, los recipientes a presión son proyectados en México, frecuentemente a partir de especificaciones de compañías nacionales de ingenieros consultores.

Estamos mencionando el hecho de que en México, se di seña. Logicamente estamos afirmando que contamos con inge nieros capaces y nadie que haya visto las fantásticas --- aplicaciones a cascarones estructurales realizados por -- nuestros Ingenieros o conozcan los logros de la ingenie-- ría mexicana en diseño sísmico, puede poner en duda que - tenemos expertos en Mecánica Aplicada, que pueden usar -- sus conocimientos en estos espectaculares proyectos o --- bien aplicarlos al proyecto del diseño de recipientes a - presión.

Cabe aquí mencionar que la industria desempeña un im portante papel en la transmisión de tecnología, no solo - por las capacitaciones de la mano de obra, por recibir, - en la mayoría de los casos, personal no calificado que -- hay que adiestrar en el lugar de trabajo, sino también -- por la creación de escuelas especializadas, a partir de - los egresados de las escuelas universitarias técnicas, en donde suelen llegar solo con la preparación general que - en estos centros les incumbe proporcionar.

De cualquier manera, ya sea que utilicemos nuestra - propia ingeniería o que la compremos fuera, necesitamos - de un criterio técnico con el cual se pueda juzgar la ido neidad del diseño en cuestión y lo que en última instan-- cia resulta ser fundamental, la seguridad del mismo a las condiciones de operación.

Internacionalmente hemos usado el término "criterio" porque un código para calderas y recipientes a presión de be ser más que una colección de fórmulas o disposiciones, un sistema articulado y coherente de normas que cubran to

dos los aspectos de la construcción desde el análisis para determinar las dimensiones del equipo, hasta la auditoría de los procedimientos con que se garantizará su calidad incluyendo el control de la materia prima y los dispositivos mínimos de seguridad a instalarse.

Además un Código debe ser aceptado por todos los sectores interesados. En México, usuarios y fabricantes siguen el Código ASME, faltando solo la sanción oficial de lo que constituye la práctica común en el país: todos usamos el Código ASME y solo en muy contadas ocasiones empleamos otra tecnología.

Cabe aquí preguntarse el porqué de esta preferencia por un código que, para empezar es extranjero y precisamente norteamericano.

En primer lugar, deseamos dejar en claro que no resulta necesario que desarrollemos un Código Mexicano par tiendo de la nada. Podemos es más, tenemos la obligación de aprovechar lo que de bueno se haya hecho fuera para, de esta forma, ahorrarle al país el costo de desarrollar la tecnología correspondiente.

Como un parentesis señalaremos que nuestro actual Reglamento, avanzado y completo como era cuando fué promulgado en 1924 y hoy obsoleto por falta de desarrollo y alcance, tiene este mismo origen, ya que se basó en las reglas de Massachussets de 1914.

Hay que aclarar que nuestro reglamento no se atrasó por ignorancia o negligencia de nuestras autoridades, si no por la imposibilidad física de que un reducido número de personas, agobiadas además por las tareas administrativas diarias, pudieran mantenerlo al día.

Además el Código ASME es universalmente empleado y resulta frecuente encontrarse que empresas europeas o japonesas que especifican los equivalentes que van a comprar o que ofrecen la fabricación de sus productos, de conformidad con el Código ASME.

El hecho por supuesto, es más usual cuando se trata de filiales de compañías americanas o cuando los consultores son de esa nacionalidad.

Dados estos antecedentes, resulta claro que hay poderosas razones comerciales en favor de su adopción. Pero no son éstas las únicas. Al revisar en las primeras páginas del Código, la lista de colaboradores queda uno admirado del número y valía de quienes han contribuido a tan valiosa obra.

El Código ASME ha sido el fruto de la cooperación a lo largo de 60 años, de lo más notable entre los profesores universitarios dedicados a la Mecánica Aplicada, tanto en el aspecto teórico como en el experimental, los fabricantes de los equipos, los ingenieros que han tenido a su cargo la operación de los mismos y los inspectores y autoridades encargados de su supervisión.

La industria, el Gobierno, las compañías de seguridad y las sociedades técnicas americanas han dedicado a esta obra cantidades enormes de tiempo y dinero, facilitando además sus laboratorios y centros de cálculo, en un esfuerzo que difícilmente se puede duplicar.

Este trabajo ha venido desarrollándose continuamente, con revisiones cada 3 meses y nuevas ediciones cada 3 años, en las que se les incorporan los últimos adelantos tecnológicos, evitándose así que pudiera convertirse en una colección de viejas reglas inoperantes y es, precisamente, este continuo revisar y actualizar, lo que dá al Código ASME la aceptación de que goza. Por otro lado, los productores mexicanos de placa siguen las normas --- ASTM, que son las tomadas en consideración con el código ASME. Cualquier fabricación de materiales a normas DIN, British Standard u otras es un caso especial. Si se permite su interpretación, resulta sumamente cara y no es probable que se consiga su fabricación nacional.

Lo mismo se puede decir de los fabricantes de solda

duras y de los que producen válvulas y conexiones, estos últimos siguiendo las normas ANSI (ASA anteriormente). - Todos ellos están aceptando el Código ASME implícitamente y ello solo sería motivo suficiente para justificar su adopción.

Resumiremos, usando la acertada frase de un ingeniero que decía que somos partidarios del Código ASME "por nacimiento", porque cuando empezamos a diseñar, nos guiamos por él, porque nuestros materiales se conforman a -- sus requisitos, nuestros clientes lo especifican y nos -- es relativamente fácil mantenernos al día de su desarrollo.

No se puede negar que el uso de un Código implica -- un cierto proteccionismo comercial. Los gobiernos, a nivel nacional o regional, prohíben en su territorio, la -- venta y operación de aquellos recipientes que no cumplan con las normas de sus reglamentos en la materia. Estas -- medidas, que están motivadas por el deseo de las autoridades de proteger vidas y propiedades en el territorio a su cargo, actual como un filtro selectivo sobre la oferta de equipo: sólo aquellos fabricantes que siguen el Código vigente pueden vender sus productos en el mercado.

El Código ASME es conocido y aceptado universalmente, más aún siendo el reglamento vigente en la casi totalidad de los estados de la Unión Americana, podemos tener acceso a tan importante mercado solo construyendo -- nuestros recipientes y calderas de conformidad con sus -- normas.

Claro que podíamos alegar la conveniencia de por -- ejemplo seguir las normas DIN para vender en Alemania. -- Ya señalamos anteriormente que el Código ASME es aceptado prácticamente en todo el mundo y además, por el peso y volumen que pueden tener estos productos, los fletes -- pueden ser un factor sumamente importantes, que obligan a buscar preferentemente mercados próximos a los puntos de localización de las fábricas.

Hasta comienzos del presente año, la venta en EE. UU. de equipo mexicano del tipo que nos ocupa, aún cuando estuviera diseñado y construido de conformidad con el Código, se veía impedida por que ningún fabricante nacional estaba autorizado a estampar su producción con el sello ASME. Actualmente es posible obtener dicha autorización y aunque no sabemos de nadie, en México, que posea el sello, hemos sido informados del interés que tienen los funcionarios de la American Society Of Mechanical Engineers, por conocer el número de compañías que deseen obtenerlo, para estudiar la posible integración de un "paquete" de inspecciones iniciales que abarate su costo.

Independientemente el mercado norteamericano, que puede atacarse únicamente con recipientes y calderas que lleven el sello ASME, el resto del mercado de exportación, así como el interno puede ser cubierto con productos cuya fabricación conforme el Código ASME esté garantizada por el sello AMIME. Conocemos, por lo menos un caso en que el estampado con él ayudo a vender para exportación una caldera mexicana.

Definitivamente el sello AMIME desempeñará la función que le corresponde, cuando la mayoría de los usuarios reconozca que respalda la calidad del equipo que compran y garantiza la seguridad de su operación. Una indicación de este reconocimiento es el requisito, en las especificaciones de compra del equipo, de que debe de ir estampado el sello AMIME.

Los fabricantes y desde luego la Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, tienen la obligación de difundir el significado del sello, pero es indudable que, quienes más pueden hacer por darle valor son las compañías de seguros. Recíprocamente para una aseguradora constituye una garantía que un equipo vaya estampado. Le está respondiendo de la seriedad del fabricante y de control de calidad.

Las calderas y recipientes a presión son bienes de capital empleado en la industria.

Por lo tanto, la complejidad y refinamiento de la tecnología usada en su fabricación, depende, entre otras variables, de las necesidades y grado de adelanto de la industria usuaria.

El fabricante de una caldera o recipiente a presión para un determinado proceso debe proporcionar un equipo que sea seguro y funcional y además que resulte lo más económico posible a lo largo de su vida útil.

Conforme a las condiciones de operación a los factores económicos y a los riesgos implicados deberán seleccionarse los métodos de análisis, los procedimientos de fabricación y los sistemas de inspección y control de calidad para que la construcción resulte balanceada.

Los fabricantes mexicanos de calderas y recipientes a presión han venido desarrollando sus capacidades paralelamente al desembolvimiento del resto de la industria. Conforme ésta ha exigido unidades de mayor tamaño, para condiciones más críticas y en mayor número los productores nacionales se han adaptado a los nuevos requisitos de tal manera que, conforme ha crecido la demanda, ha disminuido relativamente la tecnología que se necesita importar.

Una idea de importancia de este sector industrial la dan las cifras que la nacional financiera pronostica como demanda probable para el período 1976 a 1980:

En tanquería de hierro y acero	\$ 324 millones
En calderas y generadores de vapor	\$ 1,856 "
En equipo de proceso para la industria textil y para producción de azúcar, -- alimentos, papel y pulpa.	\$ 1,000 "

La misma empresa y en eso coincidieran quienes, tra

bajan en este ramo industrial, estima que existen en el país las facilidades de fabricación necesarias para cubrir esta demanda. Desde luego, deben considerarse aparte algunas aplicaciones límite como generadores de vapor en el rango de 300 MW y mayores y los componentes para plantas nucleares. El conocimiento de los planos de desarrollo de los usuarios, en estos renglones podría ayudarnos a que estuviéramos preparados para cubrir las necesidades futuras.

Creemos haber contestado la interrogante que daba título a nuestra exposición; Excepto por ciertas marcas y diseños comerciales, empleamos tecnología propia, completada con el Código ASME o, referirnos a la versión castellana, complementada con el Código ASME-AMIME. El sello AMIME (o sello ASME en su caso) garantiza esta construcción y nos permite concurrir en los mercados internacionales faltando sólo que las autoridades competentes sancionen esta situación.

#### 5.- QUE ES LA AMIME-ASME.

Anteriormente hablamos del sello AMIME-ASME esta ha sido una proposición por la cual ha pugnado la Asociación Mexicana de Ingenieros Mecánicos Electricistas (AMIME) que es uno de los organismos más capacitados en México que se ha interesado en las normas y regulaciones de los Códigos para recipientes a presión.

A continuación damos algunos adelantos que ha logrado dicha Asociación ya que su Comité Consultivo de Normas para Calderas y Recipientes a Presión ha realizado convenciones anuales para obtener sus propósitos y metas.

#### a).- Historia de la Cooperación AMIME-ASME.

8 Enero 1964 Discusión informal entre los representantes de AMIME y los de ASME envolvían tanto estudio como filosofía

de ambos grupos sobre los Standars -  
de Seguridad. San Antonio Texas.

- 29 Enero 1966 Discusión acerca de que si les asignaban los derechos de traducción al Español y traducción de las especificaciones ASTM México.
- Agosto 1963 1er. Acuerdo para la traducción conversión y distribución por AMIME del Código ASME en español, licencia de acuerdo oficial.
- 29 Febrero 1968 ASME y AMIME se reunieron en México para intercambiar experiencias relativas a la formulación del Código.
- Mayo 1969 Discusiones sobre la Inspección.
- 1o. Octubre 1973 Se sugiere que algunas secciones de ASME fueran consideradas como base - del Código Internacional.
- 1974 Nuevo Acuerdo filmado entre ASME y - AMIME.

b).- Ultimas Actividades.

Se realiza una reunión anual en la AMIME.

Se han traducido ya varias secciones por AMIME.

- 1974 Aparece el Sistema Métrico Internacional en el ASME.
- 1977 Probablemente se use un sistema dual de unidades.
- 1980 Posiblemente el texto principal sea en sistema Internacional de Unidades.

## 6.- QUE ES EL COMITE CONSULTIVO NACIONAL DE NORMALIZACION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA.

### ORIGEN:

Nació por la convocatoria de la Dirección General - de Normas y se constituyo el 26 de Agosto de 1967.

### ESTRUCTURA:

El Comité se encuentra constituido por un Consejo - Directivo diferentes Subcomités (formados por representantes tanto de los sectores de producción y consumo como del sector de interés general) y por la Secretaría - Ejecutiva, oficina de carácter técnico. Los Subcomités - cubren los siguientes campos nomenclatura, materias primas, acero estructural, placa, lámina, métodos de prueba. etc.

### FUNCIONES: DEL COMITE.

- a).- Planear, coordinar y llevar a cabo el proceso de -- elaboración de Normas en la industria Siderúrgica.
- b).- Promover la elaboración y aplicación de Normas en - la industria siderúrgica y difundir los avances que en - materia de Normalización realicen otros organismos nacionales como internacionales (COPANT, ISO).

### PREPARACION DE NORMAS:

La formulación y aprobación de las Normas que elabora el Comité, se lleva a cabo de acuerdo con los siguientes pasos.

#### 1.- ANTEPROYECTO DE NORMA.

El anteproyecto de Norma puede ser formulado por un técnico representante de una empresa, de una oficina gubernamental la oficina de la Secretaría Ejecutiva se en-

carga de adaptarla al formato nacional, de acuerdo con la Norma Oficial R-50 para la estructuración de Normas.

## 2.- PROYECTO DE NORMAS:

Una vez que el anteproyecto de Norma ha sido adaptado al formato nacional, se analiza y estudia en juntas de Normalización a las que asisten representantes de los sectores de producción, consumo e interés general, pasando a ser lo que se llama proyecto de Norma, el cual se circula, para encuesta, por la vía epistolar, a todas las empresas que hayan manifestado o se considere puedan tener interés por el mismo (sector consumidor, sector fabricante y sector interés general).

El proyecto de Norma se envía junto con un cuestionario en el que se debe indicar si se aprueba o se rechaza.

Si se reciben observaciones de forma, la Secretaría Ejecutiva del Comité hace un resumen de las observaciones recibidas y en conjunto con el subcomité respectivo analiza dichas observaciones, comentando cada una de ellas, e introduce en el proyecto los cambios pertinentes.

El proyecto ya modificado junto con el resumen de observaciones y sus comentarios se circulan, con fines informativos, a todas las empresas e instituciones consideradas durante la encuesta.

Si se reciben observaciones de fondo, con un sólido fundamento técnico, la Secretaría Ejecutiva del Comité, hace un resumen de las observaciones recibidas y en conjunto con el Subcomité respectivo analiza dichas observaciones, comentando cada una de ellas. El resumen de observaciones y sus comentarios, se circulan, a todas las empresas consideradas durante la encuesta, junto con una carta invitación a una o varias reuniones para análisis de los mismos y aprobación final del proyecto.

### 3.- NORMA OFICIAL MEXICANA.

Una vez que el proyecto de norma ha sido circulado para encuesta y aprobado, se envía a la Dirección General de Normas, para que si así lo considera conveniente le dé el carácter de norma Oficial Mexicana, publicándolo su título en el diario Oficial de la Federación.

Productos de Hierro y Acero que han sido Normalizados por éste Comité para la construcción de recipientes a presión.

En el ramo de plancha, se han elaborado a la fecha 7 normas, en el cuadro siguiente se indica su título, su designación como Norma Nacional y su equivalencia con el Código AMIME-ASME. También se consideró conveniente mencionar su equivalencia con las especificaciones ASTM.

TITULO	Norma Nacional DGN.	Código ASME	Especi- fica--- ción -- ASTM.
Planchas de Acero al Carbono, con resistencia a la tensión intermedia y baja, para recipientes a presión.	B 242	SA-285	A 285
Planchas de Acero al Carbono-Ma de alta resistencia para recipientes que trabajan a presión.	B 243	SA-455	A 455
Planchas de Acero al Carbono para servicio a temperaturas altas e intermedias. Para recipientes a presión.	B 244	SA-515	A 515

Planchas de Acero -  
al Carbono para ser  
vicio a temperatu--  
ras moderadas y ba--  
jas para recipien--  
tes a presión.

B 245

SA-576

A 516

Requisitos Genera--  
les para planchas -  
de acero para reci--  
pientes que traba--  
jan a presión.

B 246

- -

A 20

Planchas de Acero -  
al Carbono-Mn-Si pa  
ra recipientes que  
trabajan a presión.

B 260

SA-299

A 299

Planchas de Acero -  
aleado al cromo-man  
ganeso-Silico para  
recipientes que tra  
bajan a presión.

B 368

SA-202

A 202

### CARACTERISTICAS DE CADA NORMA.

En nuestro caso haremos mención únicamente a plan--  
chas de Acero para los envoltentes y tapas.

### PLANCHA

a).- COMPOSICION QUIMICA.

Análisis de cuchara (colada)

Análisis de Producto (comprobación)

b).- REQUISITOS MECANICOS

Tensión

Doblado

c).- REQUISITOS DIMENSIONALES.

d).- OTROS REQUISITOS (SUPLEMENTARIOS)

Requisito de impacto  
 Requisitos adicionales de tensión  
 Prueba ultrasónica  
 Inspección por partícula magnética

En cuanto a la determinación de cuales son las características significativas de calidad que deben fijarse en una Norma, podemos decir, en el caso de los productos siderúrgicos, que debido a la influencia tecnológica de los Estados Unidos de Norteamérica en nuestro país, - generalmente se toman como base para la elaboración de - nuestras Normas, las Normas que rigen en ese país, de -- tal manera que en la mayoría de los casos concuerdan en su mayor parte. Claro está que durante el proceso de Norm malización, se verifica que realmente los productos na- cionales puedan cumplir con la Norma, haciéndose los --- ajustes necesarios, con la participación de los sectores interesados (productor y consumidor).

#### NORMAS PARA RECIPIENTES A PRESION.

En cuanto a Normas para recipientes a presión única mente en México existen 2 que son:

" Recipientes portátiles para Gas licuado de Petróleo ".  
DGN X-5 1973

Generalidades sobre la Norma:  
 Recipiente Portátil.

Es el envase metálico que por su peso y dimensiones se puede mover a mano, facilitando tanto el llenado como su transporte e instalación.

USOS:

Se usa en instalaciones de Gas L.P. tipo Doméstico,

Comerciales e Industriales.

ALCANCE:

La presente Norma se aplica a los Recipientes Portátiles para Gas licuado de Petróleo con capacidad de 4 a 45 Kg y especímenes. (ver figura VI.1).

OBSERVACION:

En lo que corresponde a soldadura, como no se ha -- aprobado la Norma Oficial Mexicana para Soldadura Automática, se debe utilizar la Norma 150 R 637 - 1967.

Recipientes para Gas L.P. Tipo No portátil  
DGN X-12 1969

GENERALIDADES:

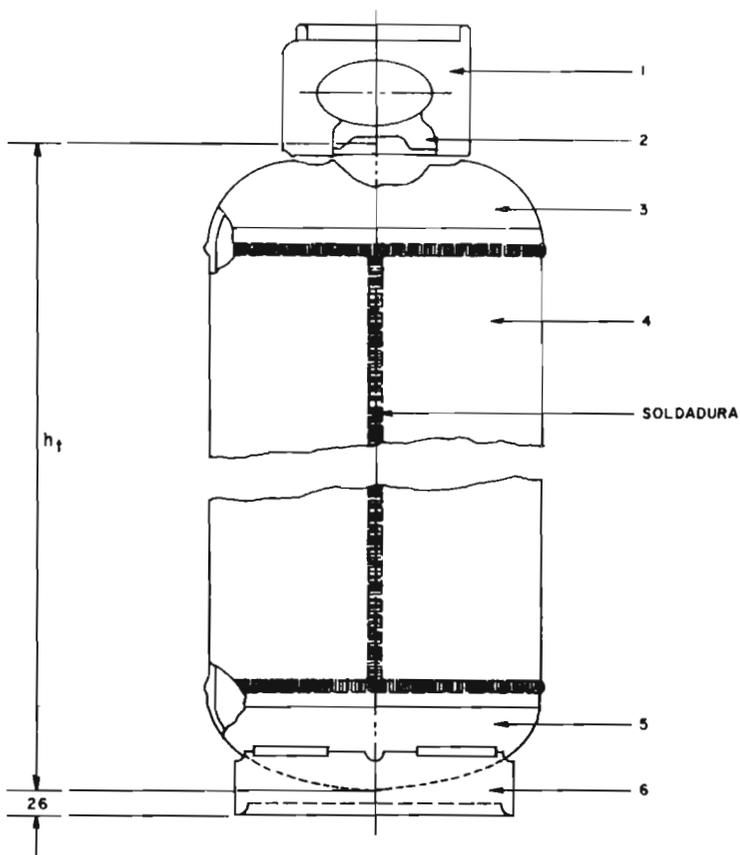
La presente Norma se refiere a cuatro distintos grupos de recipientes cuyo diseño y características de Construcción son similares, variando solamente en su capacidad y dimensiones, así como los accesorios de control y de seguridad específicos para el servicio correspondiente.

DEFINICION:

Los recipientes a que se refiere esta Norma, son -- los envases de acero fabricados por soldadura (proceso -- de fusión por arco eléctrico), destinados a contener gas licuado de petróleo cuya densidad a 15.5°C esté comprendida entre 0.504 y 0.584, y que por su diseño y construcción satisfagan las especificaciones que se establecen:

Sólo se utilizará el sello Oficial de Garantía para productos que cumplan la presente Norma y que hayan sido fabricados en el territorio de la República Mexicana.

Para los efectos de esta Norma, el alcance corres--



No.	CI	DESIGNACION D. G. N.	MATERIAL	
1	1	CUELLO PROTECTOR	LAMINA ACERO COMERCIAL	SOLDAR A PIEZA 3
2	1	BRIDA	ACERO COMERCIAL	SOLDAR A PIEZA 3
3	1	CABEZA	LAMINA CALIBRES 11 y 12	SOLDAR A PIEZA 4
4	1	CUERPO CILINDRICO	LAMINA CALIBRES 11 y 12	SOLDAR A PIEZA 3
5	1	FONDO	LAMINA CALIBRES 11 y 12	SOLDAR A PIEZA 4
6	1	BASE DE SUSTENTACION	LAMINA ACERO COMERCIAL	SOLDAR A PIEZA 5

FIG. VI - 3 RECIPIENTE PORTATIL PARA GAS L. P.

ponde a los recipientes clasificados en los 4 subtipos siguientes:

- SUBTIPO 1. Recipientes para almacenamiento de Gas L. P. destinados a plantas de distribución y estaciones de aprovisionamiento de vehículos.
- SUBTIPO 2. Recipientes para instalaciones de aprovechamiento final de gas L.P. como combustible.
- SUBTIPO 3. Recipientes para transporte de gas L.P. -- montados permanentemente en camiones, remolques, semi remolques, chalanes, barcos, etc.
- SUBTIPO 4. Recipientes para contener gas L.P. para usarse como combustible del motor del propio vehículo.

## 7.- LA SOLDADURA EN MEXICO.

Después de realizado el estudio de los aspectos tratados en los 3 Códigos y de las experiencias prácticas -- obtenidas en el desarrollo del tema describimos las siguientes consideraciones.

### TIPOS DE UNION MAS USADOS Y ;PORQUE?

Las uniones se clasifican en:

- a).- Uniones soldadas a tope de penetración completa.
- b).- Uniones a tipo de penetración parcial.
- c).- Uniones soldadas de filete.

Las uniones a) se les dá este nombre ya que, se les hace una preparación tal que nos debe dar el espesor del metal base.

Las uniones b) son denominadas de está forma ya que, la preparación de la unión es tal que con un % de penetración que se tenga, es suficiente para tomar la soldadura el esfuerzo del metal base.

Las uniones c) son denominadas así porque las partes a unir son normalmente perpendiculares entre sí y no son de penetración completa (ver. dibujos).

Estas son las uniones de soldadura que se les puede llamar primarias, de ellas se derivan una gran cantidad, como en "T", en esquina, en simple "V", en doble "V", en "U", en "J" etc.

Los tipos de uniones más usadas son las de simple "V" o "X" debido a que la preparación de los biseles es más fácil de maquinar que los otros tipos y otro factor importante es el espesor. Pues conforme aumenta éste, se hacen incosteables los biseles en "V" y los que son recomendados son por ejemplo los del tipo "U".

Las uniones de penetración completa se utilizan normalmente para soldar juntas circunferenciales, las cabezas o tapas y en algunas ocasiones las bridas, boberas y accesorios.

Las uniones de penetración parcial son utilizados normalmente para soldar accesorios. Las uniones de filete se utilizan por lo regular para soldar las solapas de las boquillas de los accesorios, a los cuerpos.

Los Códigos estudiados, no indican en forma mandatoria el tipo de unión o bisel que se debe hacer para los recipientes, por lo que ésto se deja a criterio del diseñador el cual deberá tomar en cuenta el acceso a la unión, el espesor y el proceso de soldadura empleado.

El diseñador en México se guía por los criterios que dá el Código A.W.S. D.1.1.

Método de Soldadura más empleados en México.

- a).- Arco eléctrico con electrodo revestido
- b).- Arco eléctrico sumergido
- c).- Arco eléctrico con protección de gas
- d).- Arco eléctrico con protección de gas y electrodo de tungsteno.

El método (a) se utiliza para soldar aceros inoxidables y aceros al carbón.

Este proceso es manual y es uno de los más usados para trabajo en el campo y en el taller, del operario de pende en mucho la calidad del trabajo ya que la habili- dad de éste es un factor importante, en la aplicación -- del metal de aporte. El método (b) se utiliza para sol-- dar aceros al Carbón.

Este proceso es automático, es uno de los más usa-- dos en los talleres ya que además de ser rápida por lo - automático lo es por el depósito de soldadura. No es re-- comendable para usarse en el campo ya que es muy grande y pesado.

El método (e) también se utiliza para soldar aceros al Carbón.

Este proceso es manual y automático es posible usar lo tanto en taller como en el campo, debido a su versati- lidad es el proceso que tiende a ser el más empleado para sustituir al método (a) que es el que más se ha usado a la fecha.

El método (d) se utiliza para soldar aceros inoxidables y aceros al carbón.

Este proceso es manual se requiere bastante habili- dad del operario así como conocimientos del equipo para poder controlar todas las variables.

Código utilizado como gufa en México.

a).- Aplicación.- Para esto se gufan en una combinación de Códigos como son el ASME Sec. IX. ASME Sec. II parte parte "C" y el A.W.S.

Se analiza el material a soldarse de acuerdo a las normas A.S.T.M., se ve que proceso de soldadura es el -- más conveniente y una vez hecho esto, se procede a selec-- cionar el metal de aporte así como el fundente, gas o -- mezcla de gases según el proceso. A todo lo anterior se le llama procedimiento de soldadura.

Una vez establecido el procedimiento de soldadura y aprobado éste, se califica la habilidad del soldador, -- aprobados éstos 2 requisitos se procede ya a la aplica-- ción.

Tanto para el procedimiento como para habilidad del soldador se ensaya las probetas y se acepta o se rechazan de acuerdo al Código ASME Sec. IX.

b).- Inspección.- La inspección de las uniones soldadas, también se basa en diferentes códigos, según la función que vaya a desempeñar el recipiente, siempre en estos ca-- sos serán de ASME en sus diferentes secciones, en los có-- dígos nos indican el porciento de inspecciones a las --- uniones así como a la aceptación de defectos y tipos.

#### MATERIALES MAS USADOS EN SOLDADURA.

Aceros al Carbón  
Aceros Inoxidables  
Cobres, Plomos, Estaño  
Titanio, etc.

En realidad son muchos los materiales que intervienen en las soldaduras, por lo que el ASME Sec. II parte "C" así como el A.W.S. los clasifica en números y letras tales de una identificación fácil para su aplicación.

## 8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

El estudio comparativo de los mencionados códigos - lleva a establecer algunas conclusiones y recomendaciones que a continuación mencionamos.

1.- Existe una diferencia muy grande entre las especificaciones de los materiales de Inglaterra (B.S.) por un lado y Estados Unidos (ASME) y Japón (JIS) por otro - siendo la causa de esta gran diferencia los altos grados de resistencia a la deformación que son ampliamente disponibles en los países Europeos mientras que en Estados Unidos y Japón este factor no es tomado en cuenta.

2.- Como se escogieron para el diseño materiales -- más o menos equivalentes en cuanto a composición química y propiedades mecánicas no se ve gran variación en dichos factores, pero si notando que en Inglaterra los valores de composición química y esfuerzos a la deformación son más altos, mientras que Japón tiene los más bajos.

3.- Los Aceros al Carbón ASTM difieren de los Europeos en que los niveles de C son substancialmente más altos y los contenidos de Mn. son correspondientemente más bajos.

4.- Existe una diferencia en el procedimiento de -- normalizado los aceros ingleses se normalizan arriba de un espesor de 1 3/4 in. mientras que los norteamericanos arriba de 2 in.

5.- Una amplia diferencia existe entre el DS 5500 y el ASME-JIS (entre estas 2 últimas no existe diferencia) y ésta se debe a el diferente criterio básico utilizado en la adopción para el valor del esfuerzo de diseño y de aquí tenemos que tanto cuando el esfuerzo admitido está en función del esfuerzo de cedencia, como para cuando es el esfuerzo admitido en función de la resistencia última los factores de seguridad obtenidos son más bajos para -

el Código Inglés, lo cual repercute directamente en el costo del recipiente.

6.- Al comparar un solo material con los 3 códigos y hacer una gráfica espesor US. presión se obtiene que para un mismo espesor de placa el B.S. soporta mayor presión mientras que el ASME y JIS se comportan igual.

### CONCLUSIONES DE DISEÑO:

7.- Las diferencias entre los códigos ASME y JIS -- por un lado y el B.S. por el otro, son originados por -- los criterios usados en la selección del esfuerzo admisi- ble para el diseño. De tal forma que mientras que en el ASME y en el JIS, se usa el valor de 1/4 de la resis- tencia última mínima del material usado especificada a la - temperatura ambiente, mientras que el criterio usado en el B.S. es 42.55% del esfuerzo último, es decir a 1/2.35, estas diferencias son mucho muy grandes alrededor de --- 17.55%, lo que influye notoriamente en el espesor calculado. Si el criterio que se usa es en base al esfuerzo - de cedencia, la diferencia es mínima. Aunque los 3 códigos especifican diferentes criterios el criterio que es utilizado por los tres, es en base al esfuerzo último, - lo anterior se desprende de los valores de esfuerzo da- dos en las respectivas tablas de materiales de los códigos.

Los factores de seguridad, son el resultado del valor que se dá al esfuerzo último o al esfuerzo de cedencia, según sea el criterio seleccionado.

8.- Al usar diferentes materiales y ver su comporta- miento con los diferentes códigos, nos es más notorio -- concluir que esa diferencia, es causada por el diferente criterio para la selección del esfuerzo admitido de dise- ño especificado por el código. Y que esa diferencia se - ve más notoria al ir aumentando la presión a que se suje - te al recipiente. De tal forma, que de aquí nosotros de- bemos de realizar un examen minucioso para decidir que -

código es más satisfactorio técnica y económicamente.

Lo anteriormente expresado, nuevamente se pone de manifiesto al observar los resultados obtenidos en la resolución de los problemas tipo.

Aunque fuera del contenido de los códigos, nosotros hemos mencionado un procedimiento para conocer el peso de los recipientes, pues consideramos que este es un factor que está directamente relacionado con los resultados obtenidos al diseñar un recipiente, con cualquier código y que por ello resulta de utilidad para estudios más profundos y particulares sobre la recomendación, o selección de los diversos códigos existentes.

9.- Es también de gran importancia el comentar sobre la política de Ingeniería, ya que consideramos que es necesario que estas existan ya sea bien a nivel de rama industrial; o bien al tipo de administración, si está es privada o estatal, de la industria, a nivel nacional, o bien a nivel regional. La necesidad del establecimiento de políticas de ingenieros bien definidas nos llevará a formas de progreso identificadas con las realidades de nuestro país.

10.- En el diseño de recipientes esféricos a alta presión, no contamos en nuestro país con materiales adecuados, por lo que hay necesidad de recurrir a la importancia de dichos equipos.

11.- Un análisis más profundo de los últimos códigos estudiados y aún el de otros países tecnológicamente avanzados, equiparándolos con el Código en uso en nuestro país, indiscutiblemente nos llevaría a la elaboración de diseños económicos.

12.- Lo que hemos estudiado con respecto a recipientes esféricos es aplicable con algunas modificaciones a todo tipo de recipientes no sujetos a fuego directo, tanto horizontales como verticales.

### RECOMENDACIONES:

1.- Es necesario que los fabricantes de éste tipo de --- equipos pugnen a los manufacturers de acero, por la fabricación de materiales de mayor resistencia que los que actualmente elaboran, con objeto de abatir la exporta--- ción de divisas, al fabricarse en nuestro país recipientes a cualquier rango de presión.

El uso de acero de alta resistencia no se limita ex clusivamente a la fabricación de recipientes a presión. Su campo de aplicación es muy extensa: En equipos de --- transportación, por la reducción de peso muerto; en estructuras metálicas para edificios, puentes e instalacio nes industriales, por la reducción en el tonelaje crea - proyectos más económicos, etc.

2.- Se debe ampliar la investigación de los Códigos en - vigor en todos los países avanzados tecnológicamente para tomar sus mejores experiencias y adoptándolas dentro de un código propio ya que, careciendo de recursos para una costosa experimentación propia, en el procedimiento más viable.

3.- La fabricación de materiales cada vez mejores, estimularían la actividad económica e incluso, la producción de otros materiales derivados o de nueva creación.

4.- En general, las instalaciones logradas con éstos nue vos diseños, fabricaciones y montajes, acelerará el desa rrollo industrial de nuestro país, para colocarnos a la altura de las naciones más adelantadas industrial y tec nológicamente, contando por supuesto, con un buen dirigi do esfuerzo y el trabajo personal de los técnicos y obre ros mexicanos.

Conclusiones acerca de "La tecnología usada en Méxi co para la construcción de calderas y recipientes, a pre sión.

1.- Es indispensable contar en México con un Código que -norme el diseño, fabricación, inspección e instalación de calderas y recipientes a presión y que éste sea el mejor que adapte al medio y recursos nacionales.

2.- Es necesario el reconocimiento de ese Código que en -la fabricación garantice que la producción permite res---guardar un prestigio nacional de acuerdo con la orienta---ción actual hacia la exportación.

3.- Se ha usado y se usa actualmente la tecnología del Código AMIME-ASME de calderas y recipientes a presión por -partes de firmas de Ingeniería en sus recomendaciones, --por los usuarios en sus especificaciones de compra, por -los fabricantes en sus diferentes procesos y por los Ins-pectores de Compañías de Inspección o de compradores.

Los materiales disponibles y fabricados en México se elevaron para cumplir con requisitos de normas oficiales concordantes con los de las especificaciones de materia--les de éste Código.

4.- Es necesario agilizar y acelerar los trabajos de pre-paración del Código AMIME-ASME dentro del Comité de Nor--mas para Calderas y Recipientes a presión en todas sus --secciones.

5.- Es conveniente que los propios usuarios, las firmas de Ingeniería y los consultores exijan el cumplimiento de los requisitos establecidos en el Código AMIME-ASME.

6.- Es indispensable que el Comité de Normas para Calde--ras y Recipientes a presión haga el planteamiento de esta realidad a las autoridades competentes a través de la conducta adecuada para obtener el reconocimiento oficial de éste Código.

7.- Es necesario establecer y exigir procedimientos para evaluar calificación de fabricantes en beneficio de com--pradores y usuarios.

8.- Es recomendable que AMIME efectúe calificación de -- Inspectores de Control de Calidad en la fabricación de -- Calderas y Recipientes a presión, y que la calificación sea accesible individualmente a toda persona que cumpla con los requisitos que la asociación determine.

9.- Es conveniente que el Comité de Normas para Calderas y Recipientes a presión elabore ediciones técnicas al Có digo AMIME-ASME, como parte de su adaptamiento que res-- ponde a los recursos industriales propios del medio na-- cional una vez que el Código sea reconocido oficialmen-- te.

10.- Es conveniente que el Comité de Normas para Calde-- ras y Recipientes a Presión organice y realice semina--- rios con todos los sectores interesados para crear con-- ciencia positiva en la aplicación y alcances del Código AMIME-ASME.

Tendencias relativas a la tecnología utilizada en - México para el Ramo de Recipientes a Presión.

1.- Desarrollo de tecnología básica Nacional en la esca-- la que esto sea viable.

2.- Aplicación de la Normalización de Materiales compo-- nentes y accesorios de aplicabilidad en el ramo.

3.- Incremento en el desarrollo de elementos de referen-- cia, congruentes con los otros ramos industriales nacio-- nales y adecuados a nuestro medio, en nuestro idioma y - sistema de medidas de uso común, y que gocen de aplicabi-- lidad extra nacional.

4.- Obtención de reconocimiento de un sello de respaldo y seguridad que aporte la observancia de los elementos - de referencia aplicables.

5.- Actualización periódica de los elementos de referen-- cia para reflejar los desarrollos tecnológicos del ramo

en el país y en el extranjero.

### CONCLUSIONES ACERCA DE SOLDADURA.

1.- Con relación a los países desarrollados estamos atrasados, debido a que en México no se sueldan tanta variedad de metales que se requieren en esos países: algunos de éstos procesos son:

Soldadura con electrones, con ondas ultrasónicas, -- soldadura submarina, en el espacio, etc.

2.- En relación con los países que se encuentran al mismo nivel que el nuestro consideramos tener una tecnología autosuficiente para los problemas de México.

3.- En lo que se refiere al futuro consideramos que conforme se vayan presentando los problemas de soldabilidad, los solucionaremos con tecnología extranjera, la cual será requerida una sola vez, ya que se cuenta con personal preparado para entender rápidamente los procesos.

### COMENTARIOS:

En la política de Comercio Exterior del Japón que -- trata de invadir mercados es tan intensa de unos años a -- la fecha por su creciente desarrollo tecnológico el cual rebasa ampliamente el consumo local ha hecho que se capaciten vendedores internacionales vastante capacitados esto ha hecho que en los Mercados Internacionales introducen sus productos más bajos y con controles de calidad -- vastante altos en ocasiones superiores a los de Estados -- Unidos y estos factores se muestran a tal grado de que exportan una gran cantidad de acero a los Estados Unidos. -- Aunado a esto al alto grado de organización de sus compañías transportadoras lo cual viene abatir aún más el costo de importación de un producto.

Por otro lado en Estados Unidos la importación de -- los productos es más cara en cuanto a fletes pero inter--

viene el factor tiempo de entrega de producto que hace - que resulte más viable un proceso de construcción.

Mientras que en Inglaterra se presentan muy a menudo problemas sindicales los cuales en ocasiones afectan a la fecha de entrega.

Es por ésto que el estudio sobre los costos y la -- elección de determinado País para la importación debe -- ser muy cuidadosa con los factores tiempo y dinero. Una de las razones por las cuales en ocasiones es preferible tener índices de seguridad altos, los cuales repercuten en los espesores obtenidos en envolventes y tapas, es -- que el mantenimiento de los equipos no es tan necesario de realizarse durante algún tiempo lo cual viene a redi-- tuar en la economía del proceso, sobre todo en los paí-- ses donde la mano de obra es cara, como sucede en Esta-- dos Unidos. Por lo contrario en Europa al presentarse el problema de falta de espacio es necesario hacer construc-- ciones altas por lo que es requerido trabajar con espesores no muy gruesas para que los equipos no sean tan pesa-- dos, no obstante que se requiera mayor mano de obra por mantenimiento.

Después de realizado un estudio técnico-económico, y el resultado sea la necesidad de importar el material aún cuando esté pueda ser adquirido en México pero esta posibilidad quede descartada debido a los tiempos de entrega, es posible llegar a conseguir los permisos de importación requeridos. Esto sucede sobre todo en la reali-- zación de proyectos de gran importancia para el desarro-- llo industrial del país.

Y éste permiso de importación no influye mucho en - el costo total de la importación del material lo único - es que este permiso es tardado de conseguir; ya que en - ocasiones es necesario llegar a tribunales propios del - ramo.

Las leyes, reglas y regulaciones relativas a los re

recipientes, y los Know-How técnicos concernientes a materiales predominantes en Japón son mayores en algunos casos contra los contraportes occidentales.

Esta tecnología se ha alcanzado a cualquier costo. Un gran número de sus recipientes a presión son para exportación.

8.- Es recomendable que AMIME efectúe calificación de -- Inspectores de Control de Calidad en la fabricación de - Calderas y Recipientes a presión, y que la calificación sea accesible individualmente a toda persona que cumpla con los requisitos que la asociación determine.

9.- Es conveniente que el Comité de Normas para Calderas y Recipientes a presión elabore ediciones técnicas al Código AMIME-ASME, como parte de su adaptamiento que res-- ponde a los recursos industriales propios del medio na-- cional una vez que el Código sea reconocido oficialmen-- te.

10.- Es conveniente que el Comité de Normas para Caide-- ras y Recipientes a Presión organice y realice semina--- rios con todos los sectores interesados para crear con-- ciencia positiva en la aplicación y alcances del Código AMIME-ASME.

Tendencias relativas a la tecnología utilizada en - México para el Ramo de Recipientes a Presión.

1.- Desarrollo de tecnología básica Nacional en la esca-- la que esto sea viable.

2.- Aplicación de la Normalización de Materiales compo-- nentes y accesorios de aplicabilidad en el ramo.

3.- Incremento en el desarrollo de elementos de referen-- cia, congruentes con los otros ramos industriales nacio-- nales y adecuados a nuestro medio, en nuestro idioma y - sistema de medidas de uso común, y que gocen de aplicabi

lidad extra nacional.

4.- Obtención de reconocimiento de un sello de respaldo y seguridad que aporte la observancia de los elementos de referencia aplicables.

5.- Actualización periódica de los elementos de referencia para reflejar los desarrollos tecnológicos del ramo en el país y en el extranjero.

#### CONCLUSIONES ACERCA DE SOLDADURA.

1.- Con relación a los países desarrollados estamos atrasados, debido a que en México no se sueldan tanta variedad de metales que se requieren en esos países: algunos de éstos procesos son:

Soldadura con electrones, con ondas ultrasónicas, -- soldadura submarina, en el espacio, etc.

2.- En relación con los países que se encuentran al mismo nivel que el nuestro consideramos tener una tecnología autosuficiente para los problemas de México.

3.- En lo que se refiere al futuro consideramos que conforme se vayan presentando los problemas de soldabilidad, los solucionaremos con tecnología extranjera, la cual será requerida una sola vez, ya que se cuenta con personal preparado para entender rápidamente los procesos.

## DEFINICIONES ASME.

**PRESION DE TRABAJO MAXIMA PERMITIDA.**- La presión manométrica máxima permisible en el tope de un recipiente completo en su posición de operación para una temperatura de diseño. Esta presión está basada en cálculos para cada elemento del recipiente usando exclusivamente espesores nominales de tolerancias para corrosión y espesores requeridos para cargas diferentes a la presión. Esta es la base para el asentamiento de la presión del dispositivo de alivio de presión que protege al recipiente. La presión de Diseño puede usarse en lugar de la presión de trabajo máximo permitida en todos los casos en los cuales los cálculos no se hacen para determinar el valor de la presión de trabajo máximo permitida.

**PRESION DE DISEÑO.**- Es la presión usada en el diseño de un recipiente para los propósitos de determinación del espesor mínimo permitido ó características físicas de las diferentes partes del recipiente. Cuando es aplicable, la cabeza estática será agregada a la presión de Diseño para determinar el espesor de cualquier parte específica del recipiente.

**VALOR DE ESFUERZO MAXIMO PERMITIDO.**- El esfuerzo unitario máximo permisible para cualquier material especificado que pueda usarse en las fórmulas de diseño.

**OPERACION NORMAL.**- Operación dentro de los límites de diseño para la cual el recipiente ha sido estampado.

**BASES PARA LA PRESION DE PRUEBA CALCULADA.**- Los requerimientos para determinar la presión de prueba basadas sobre cálculos se establecen en UG-99 (c) para prueba hidrostática y en UG-100 (b) para la prueba neumática. Las bases para la presión de prueba calculada en cualquiera de éstos párrafos es la presión permisible interna más alta como se determinó por las fórmulas de Diseño, para cada elemento del recipiente usando espesores -

nominales con la corrosión permitida incluida y usando los valores de esfuerzos permitidos para la temperatura del examen.

**PRESION DE OPERACION.**- La presión en el tope de un recipiente a presión en el cual está normalmente operando. - Esta no excederá a la presión de trabajo máxima permitida y ésta se mantendrá usualmente a un nivel adecuado inferior al asentamiento del dispositivo de alivio de presión para prevenir sus aberturas frecuentes.

**TEMPERATURA DE OPERACION O DE TRABAJO.**- La temperatura que se mantendrá en el metal de la parte del recipiente que está siendo considerada para la operación específica da del recipiente.

**ESPEJOR DE LA PARED DEL RECIPIENTE.**- (1) "El espesor requerido" es el calculado por las fórmulas de ésta división, antes de que la corrosión permitida sea agregada. (2) "El espesor de Diseño" es la suma del espesor requerido y la corrosión permitida. (3) "El espesor nominal" es el espesor seleccionado como sea comercialmente disponible, y sea suministrado al fabricante; este puede exceder al espesor de diseño.

**EFICIENCIA DE UNION.**- (1) Unión Soldada.- La eficiencia de unión soldada es expresada como una cantidad numérica (decimal) y es usada en el diseño de una unión como un multiplicador del valor de esfuerzo permitido apropiado. (2) Unión Remachada.- La eficiencia de una unión remachada es un factor de reducción (decimal) el cual expresa la relación de la resistencia de trabajo calculada más bajo de la unión por todos los medios en los cuales éste puede caer bajo una presión de rompimiento a la resistencia de trabajo calculada de la placa sólida adyacente a la unión, usando los valores de esfuerzo permitido apropiados.

**RADIOGRAFIADO (RT).**- Es el proceso de pasar radiaciones

electrónicas a través de un objeto y obtener un reporte - de su solidéz bajo una película sensibilizada.

**EXAMINACION POR PARTICULA MAGNETICA (MT).**- Un método de - detector rajaduras y discontinuidades similares en o cerca de la superficie de aceros en fierro y aleaciones magnéticas. Esto consiste de una magnetización apropiada del material y aplicando partículas magnéticas finamente divi didos las cuales forman patrones indicadores de las dis-- continuidades.

**EXAMINACION POR PENETRACION DE LIQUIDO (PT).**- Un método - de examinación no destructiva la cual se provee para la - detección de discontinuidades abiertas en la superficie - de materiales ferrosos y no ferrosos los cuales son no po rosos. Discontinuidades típicas detectables por éste méto do son rajaduras, grietas, translapes, y laminación.

**EXAMINACION ULTRASONICA (UT).**- Un método no destructivo - para localizar e identificar discontinuidades internas -- por la detección de las reflexiones que son producidas de un rayo de vibraciones ultrasónicas.

**TORNILLO.**- Es un pasador roscado con una cabeza en un ec-- tremo.

**PERNO.**- Es un pasador roscado sin cabeza, con roscas en - un extremo o en ambos extremos, o toda la longitud comple tamente roscada.

**RECIPIENTES REVESTIDOS.**- Un recipiente hecho de una placa que tiene un material resistente a la corrosión integralmente ligada a una base de un material menos resistente.

**RECIPIENTES FORRADOS.**- Es un recipiente que tiene una re-- sistencia a la corrosión como forro intermitentemente co-- nectada a la pared del recipiente.

**RECIPIENTES LAMINADOS O DE CAPAS.**- Es un recipiente que - tiene una envolvente la cual está hecha de 2 o más capas separadas.

**TERMINOS RELACIONADOS CON LA SOLDADURA.**- Unión de Angulo.- Una unión entre 2 miembros localizada en la intersección de planos entre 0 (unión a tope) y 90° (una unión de esquina).

**SOLDADURA DE ARCO.**- Es un grupo de procesos de soldadura donde la unión es producida por calentamiento con un arco o arcos eléctricos, con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de metal de relleno.

**SOLDADURA CON HIDROGENO ATOMICO.**- Un proceso de soldadura con arco donde la unión se produce por calentamiento con un arco eléctrico manteniendo entre los 2 electrodos metálicos una atmósfera de H<sub>2</sub>. Un blinfaje se obtiene a partir del hidrógeno. La presión puede o no usarse y el metal de relleno puede o no ser usado.

**SOLDADURA AUTOMATICA.**- La soldadura con equipos los cuales ejecutan la operación de soldadura entera sin la observación constante y el ajuste de los controles por un operador. El equipo puede o no ejercer el cargado y no cargado del trabajo.

**APOYO.**- Material (metal, metal de soldadura, asbesto carbón, fundente granular, etc.) de apoyo en la unión durante la soldadura para facilitar la obtención una soldadura en la raíz.

**METAL BASE.**- El metal que será soldado o cortado.

**UNION A TOPE.**- Una unión entre 2 miembros tendidos aproximadamente en el mismo plano.

**UNION DE ESQUINA.**- Una unión entre 2 miembros localizados aproximadamente en ángulos rectos uno del otro en la forma de una L.

**UNION SOLDADA A DOBLE TOPE.**- Unión a tope soldada en ambos lados.

UNION TRANSLAPADA DOBLEMENTE SOLDADA.- Una unión translapada en la cual las orillas sobre translapadas de los miembros a ser unidos están soldadas a lo largo de las orillas de ambos miembros.

UNION EN LA ORILLA.- Una unión entre las orillas de 2 o más miembros paralelos o cercanamente paralelos.

METAL DE RELLENO.- Metal que será agregado al efectuarse una soldadura.

SOLDADURA DE RELLENO.- Una soldadura de sección transversal aproximadamente triangular uniendo 2 superficies aproximadamente a ángulos rectos uno del otro en una unión translapada, en una unión T, o en una unión de esquina.

SOLDADURA DE FORJA.- Es un grupo de procesos de soldadura donde la unión es producida por calentamiento en una forja u otro horno y por la aplicación de presión ó fuelles.

SOLDADURA COMPLETAMENTE DE RELLENO.- Una soldadura de relleno cuyo tamaño es igual al espesor del miembro más delgado de la unión.

FUSION.- Es el derretimiento unido de metal de relleno y del metal base, o de el metal base solamente, lo cual resulta en la unión.

SOLDADURA DE ARCO METALICO-GAS.- Es un procedimiento de soldadura con arco donde la unión es producida por el calentamiento con arco eléctrico entre un electrodo de metal de relleno (consumible) y el trabajo. El blindaje se obtiene a partir del gas. Una mezcla gaseosa (la cual puede contener un gas y un fundente. (Este proceso ha sido algunas veces llamado soldadura mig).

SOLDADURA CON TUGTENO-GAS.- Es un proceso de soldadura con arco donde la unión se produce por calentamiento con

un arco eléctrico y un solo electrodo de tungsteno (no consumible) y el trabajo. El blindaje se obtiene de un gas o de una mezcla de gases (la cual puede contener un gas inerte, la presión puede contener o no usarse y el metal de relleno. Este proceso ha sido algunas veces llamado soldadura tig).

**SOLDADURA CON GAS.**- Es un grupo de procedimientos de soldadura donde la unión se produce por calentamiento con una flama o flamas de gas con o sin la aplicación de presión y con o sin el uso de metal de relleno.

**SOLDADURA DE MUESCA.**- Una soldadura hecha en la muesca entre 2 miembros a ser unidos.

**ZONA AFECTADA POR EL CALOR.**- Es la porción del metal base que no ha sido fundida, pero cuyas propiedades mecánicas o micro-estructuras han sido alteradas por el calor de la soldadura o del corte.

**SOLDADURA POR INDUCCION.**- Es un proceso de soldadura donde la unión se produce por el calentamiento obtenido de la resistencia del trabajo al flujo de la corriente eléctrica inducida, con o sin la aplicación de presión.

**PENETRACION EN LA UNION.**- Es la profundidad mínima en una muesca soldada extendida desde su cara hasta dentro de la unión exclusiva del reforzamiento.

**UNION TRANSLAPADA.**- Es una unión entre 2 miembros sobretranslapados.

**MAQUINA DE SOLDAR.**- La soldadura con equipos los cuales ejecutan la operación de soldadura bajo la observación y control de un operador. Los equipos pueden o no ejercer el cargado y no cargado del trabajo.

**SOLDADURA MANUAL.**- Es la soldadura donde la operación entera de soldadura se ejecuta y controla por medio de la mano.

**TRANSLAPAR.**- El metal de soldadura que sobresale más --- allá de la unión a la saliente de la soldadura.

**SOLDADURA OXIACETILENICA.**- Proceso de soldadura con gas donde la unión se produce por calentamiento con una flama de gas obtenidas de la combustión del acetileno con - el oxígeno, con o sin la aplicación de presión, y con o sin el uso de metal de relleno.

**CORTADO CON OXIGENO.**- Grupo de procesos de corte donde - la rigidez de los metales es afectada por medio de la -- reacción química del oxígeno con el metal base a una temperatura elevada. En el caso de metales resistentes a la oxidación la reacción, es facilitada por el uso de un -- fundente o de pólvora metálica.

**SOLDADURA DE OXIHIDROGENO.**- Proceso de soldadura con gas donde la unión es producida por calentamiento con una -- flama o flamas de gas obtenidos de la combustión de ---- Hidrógeno con oxígeno, sin la aplicación de presión y -- con o sin el uso de metal de relleno.

**SOLDADURA CON ARCO DE PLASMA.**- Proceso de soldadura con arco y gas tungsten donde la unión se produce por calentamiento con un arco ligado entre un electrodo y una pieza de trabajo (arco transferido) o el electrodo y la boquilla ligada (arco no transferido). El blindaje se obtiene del gas caliente ionizado que brota del orificio el cual puede suplementarse por una fuente auxiliar de gas de -- blindaje. El gas blindante puede ser un gas inerte o una mezcla de gases, la presión puede o no ser usada, y el - metal de relleno puede o no ser usados.

**SOLDADURA DE TAPON.**- Una soldadura circular hecha a través de un hoyo en un miembro de un traslape o una unión T tal que la unión es de un miembro hasta el otro. Las - paredes del hoyo pueden o no ser paralelos y el hoyo puede estar relleno parcial o completamente con metal de soldadura. (un hoyo soldado con relleno o un punto soldado no deberá ligarse como lo conformado en ésta defini--

ción).

**POROSIDAD.**- Bolsas de gas o espacios vacíos en el metal.

**TRATAMIENTO DE CALOR POSTERIOR A LA SOLDADURA.**- Calentamiento uniforme de una estructura o porción de ella, a estructura o porción de ella, a una temperatura suficiente, abajo del rango crítico, para aliviar la mayor porción de los esfuerzos residuales, es seguido por enfriamiento uniforme.

**PRESION DE GAS DE SOLDADURA.**- Proceso de soldadura con gas donde la unión se produce simultáneamente sobre el área entera de superficies colindantes, por calentamiento con flama de gas obtenidos de la combustión de un gas combustible con oxígeno y por la aplicación de presión sin el uso de metal de relleno.

**PRESION DE SOLDADURA.**- Cualquier proceso o método de soldadura donde la presión es usada para completar la soldadura.

**REFUERZO DE SOLDADURA.**- Metal de soldadura en la cara de una muesca soldada en exceso del metal necesario para el tamaño de soldadura especificada.

**SOLDADURA POR RESISTENCIA.**- Grupos de procesos de soldadura donde la unión se produce por el calor obtenido de la resistencia de trabajo al flujo de la corriente eléctrica, en un circuito en el cual el trabajo es una parte, y por la aplicación de presión.

**SOLDADURA DE SELLO.**- Cualquier soldadura usada primeramente para obtener espesor.

**SOLDADURA DE ARCO SEMI-AUTOMATICO.**- Arco de soldadura con equipo el cual controla solamente la alimentación de metal de relleno. El avance de la soldadura es controlada manualmente.

**SOLDADURA DE ARCO BRINDADO CON METAL.**- Proceso de soldadura con arco donde la unión es producida por calentamiento con un arco eléctrico entre un electrodo de metal cubierto y el trabajo. El blindaje se obtiene de la descomposición, del cubrimiento del electrodo. La presión no es usada y el metal de relleno se obtiene del electrodo.

**UNIONES A TOPE POR UNA SOLA SOLDADURA.**- Unión a tope soldada de un solo lado.

**UNION TRANSLAPADA CON UNA SOLA SOLDADURA.**- Unión translapada en la cual las orillas sobretranslapadas de los miembros a unirse están soldadas a lo largo de la orilla de un miembro.

**TAMAÑO DE SOLDADURA.**- Muesca de soldadura.- Penetración de la unión (profundidad del acanalamiento más la penetración de la raíz cuando se especifica).

**SOLDADURA DE RELLENO.**- Para soldaduras de relleno de catetos iguales, la longitud del cateto del triángulo recto isoseles más grande el cual puede inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura de relleno. Para soldaduras de relleno de catetos desiguales, la longitud del cateto del triángulo recto más grande que pueda inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura de relleno.

**INCLUSION DE ESCORIA.**- Materiales sólidos no metálicos y estampados en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base.

**SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.**- Proceso de soldadura con arco donde la unión se produce por calentamiento con un arco o arcos eléctricos entre un electrodo de metal o electrodos y el trabajo. La soldadura está blindada por una cubierta de material granular, material fusible en el trabajo. La presión no se usa y el metal de relleno se obtiene a partir del electrodo y algunas veces a par-

tir de una varilla suplementaria de soldadura.

UNION T.- Es una unión entre 2 miembros lizados aproximadamente. En ángulos rectos uno del otro en la forma de una T.

SOLDADURA CON TERMITA.- Grupo de procesos de soldadura donde la unión se produce por calentamiento con un metal líquido supercalentado y la escoria resultante de una reacción química entre un óxido metálico y gluminio, con o sin la aplicación de presión. El metal de relleno, cuando se usa, se obtiene del metal líquido.

CUELLO DE UNA SOLDADURA DE RELLENO.- Peórica.- Es la distancia a partir del comienzo de la raíz de la unión perpendicular hasta la hiptemusa del triángulo recto más grande que puede inscribirse dentro de la sección transversal de soldadura de relleno.

ACTUAL.- Es la distancia más corta a partir de la raíz de una soldadura de relleno hasta su cara.

CORTE SESGADO.- Es una muesca fundida dentro del metal base adyacente a la saliente de una soldadura y salida sin rellenar por el metal de soldadura.

SOLDADURA.- Es una unión localizada de metal donde la unión se produce por calentamiento a temperaturas adecuadas, como o sin el uso de presión, y con o sin el uso de metal de relleno. El metal de relleno tiene un punto de fusión que es aproximadamente el mismo que el del metal base.

METAL DE SOLDADURA.- Es la porción de una soldadura la cual ha sido fundida durante la soldadura.

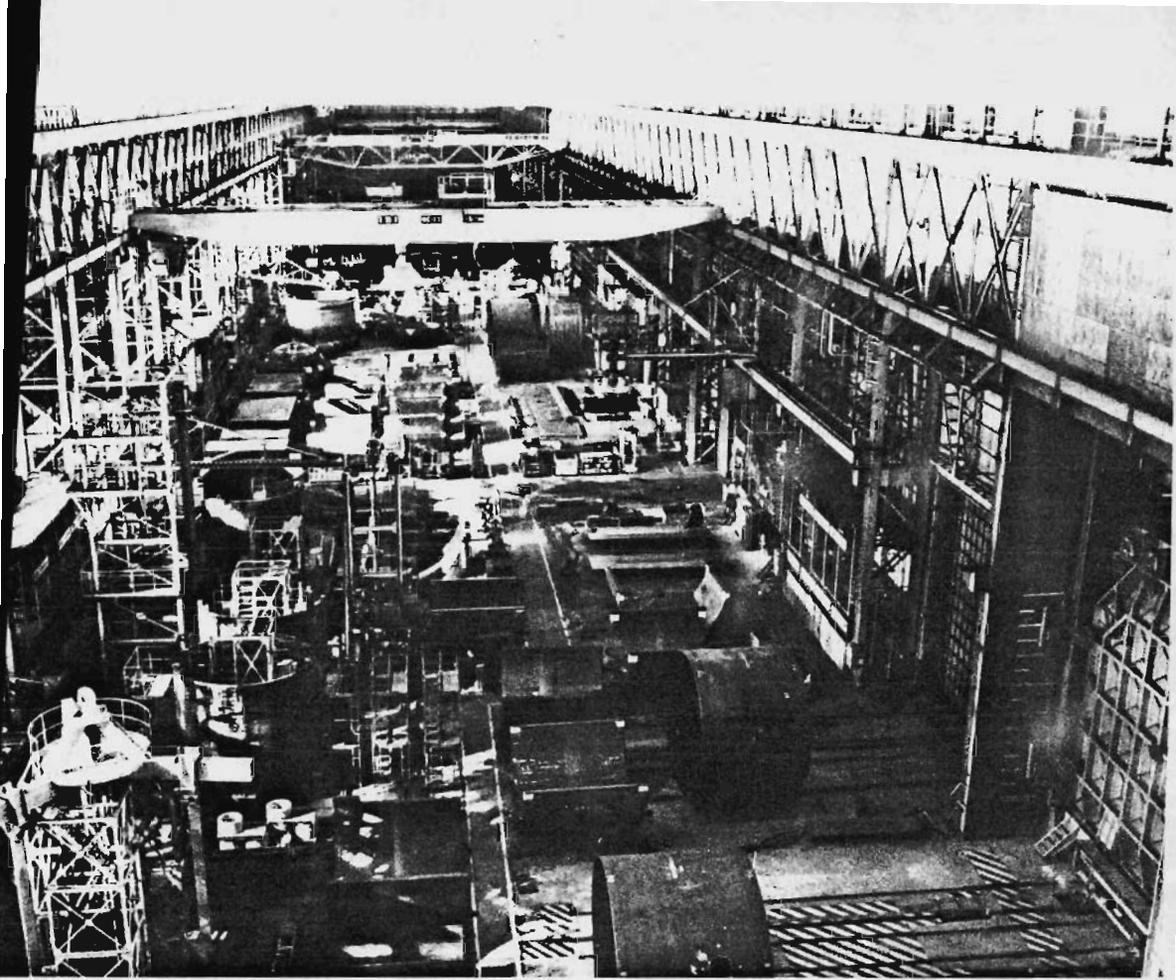
UNION SOLDADA.- Es una unión de 2 o más miembros producida por la aplicación de una o un proceso de soldadura.

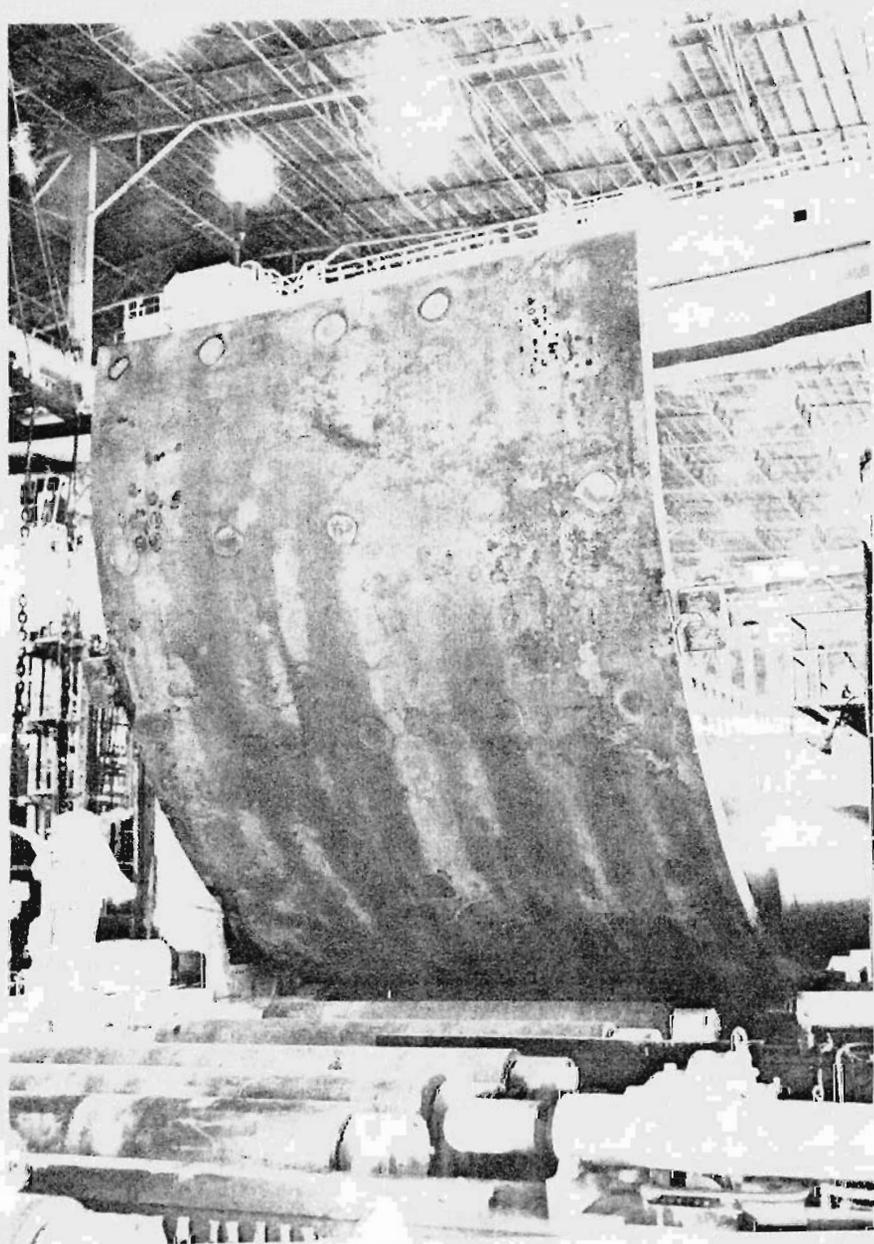
SOLDADOR.- Es quien es capaz de efectuar una operación - de soldadura manual o semi-automática.

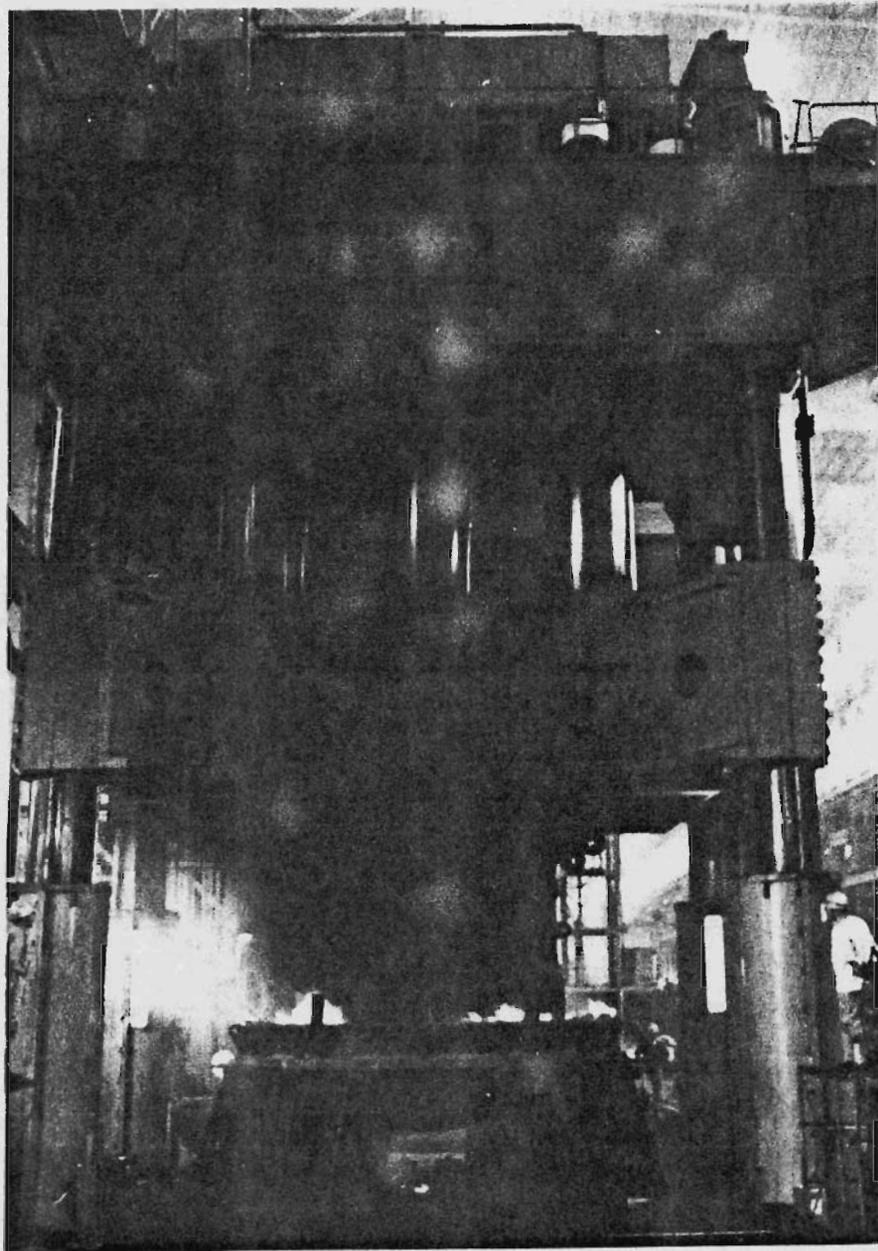
OPERADOR DE SOLDADURA.- Quien opera una máquina o equipo de soldadura automática.

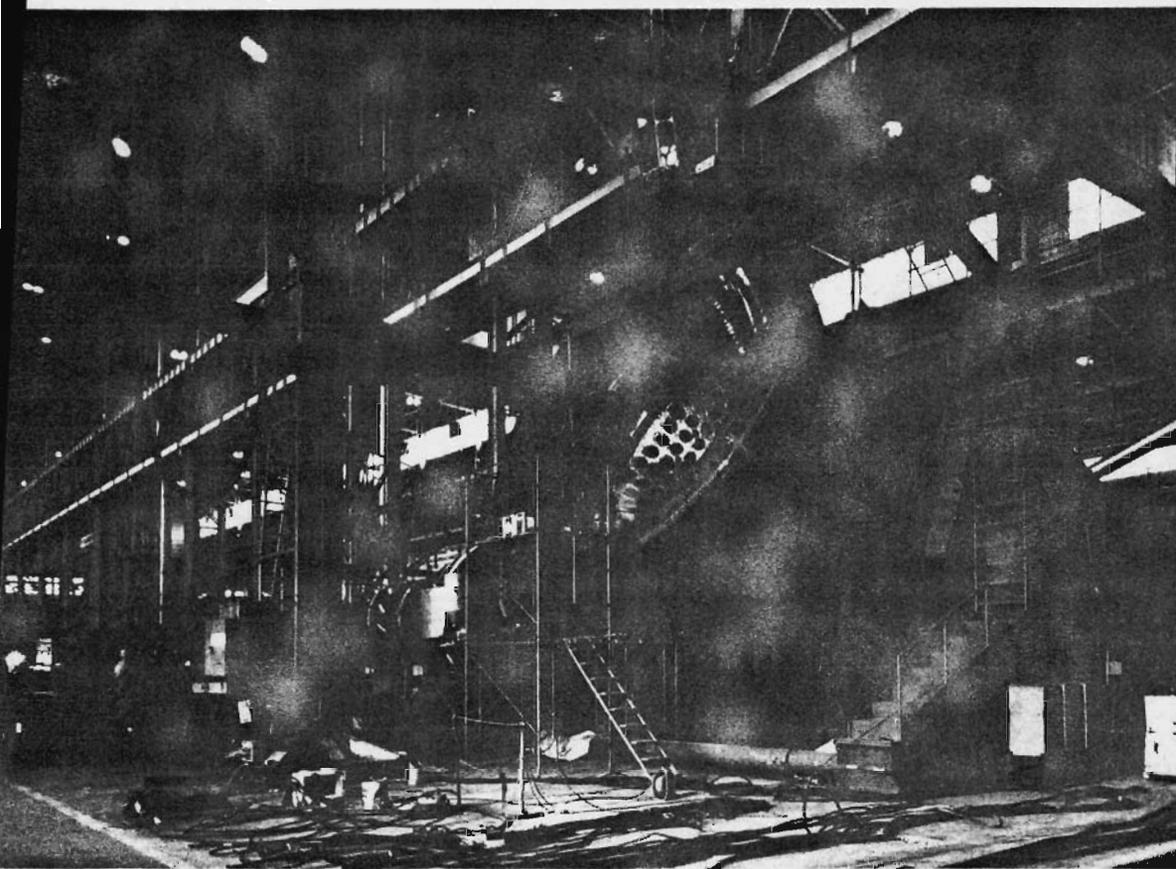
## INDICE DE FOTOGRAFIAS

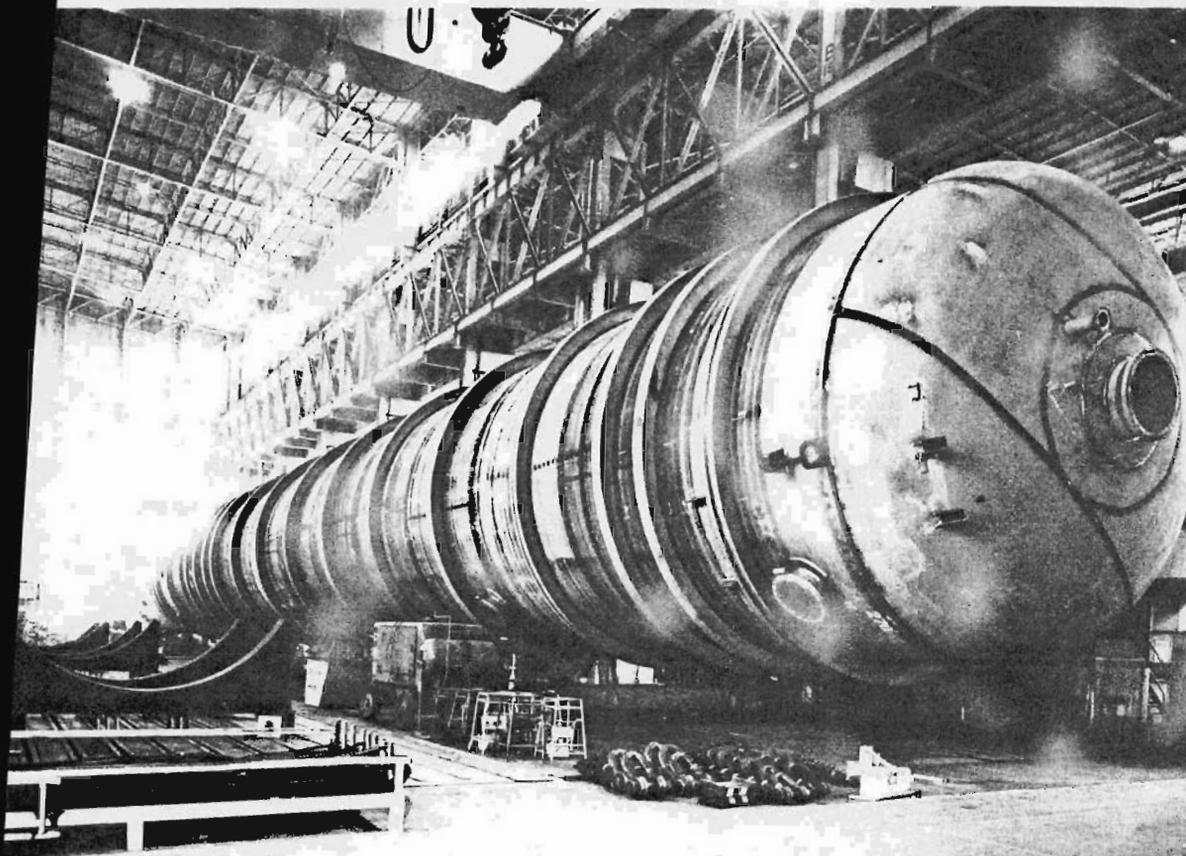
- 1.- Vista del Taller
- 2.- Roladora
- 3.- Prensa para el formado de Tapas
- 4.- Posicionador para soldar
- 5.- Recipiente Cilíndrico
- 6.- Recipiente Esférico
- 7.- Horno para el tratamiento de Calor
- 8.- Local de Radiografiado
- 9.- Betatrón. Equipo para Pruebas Ultrasónicas

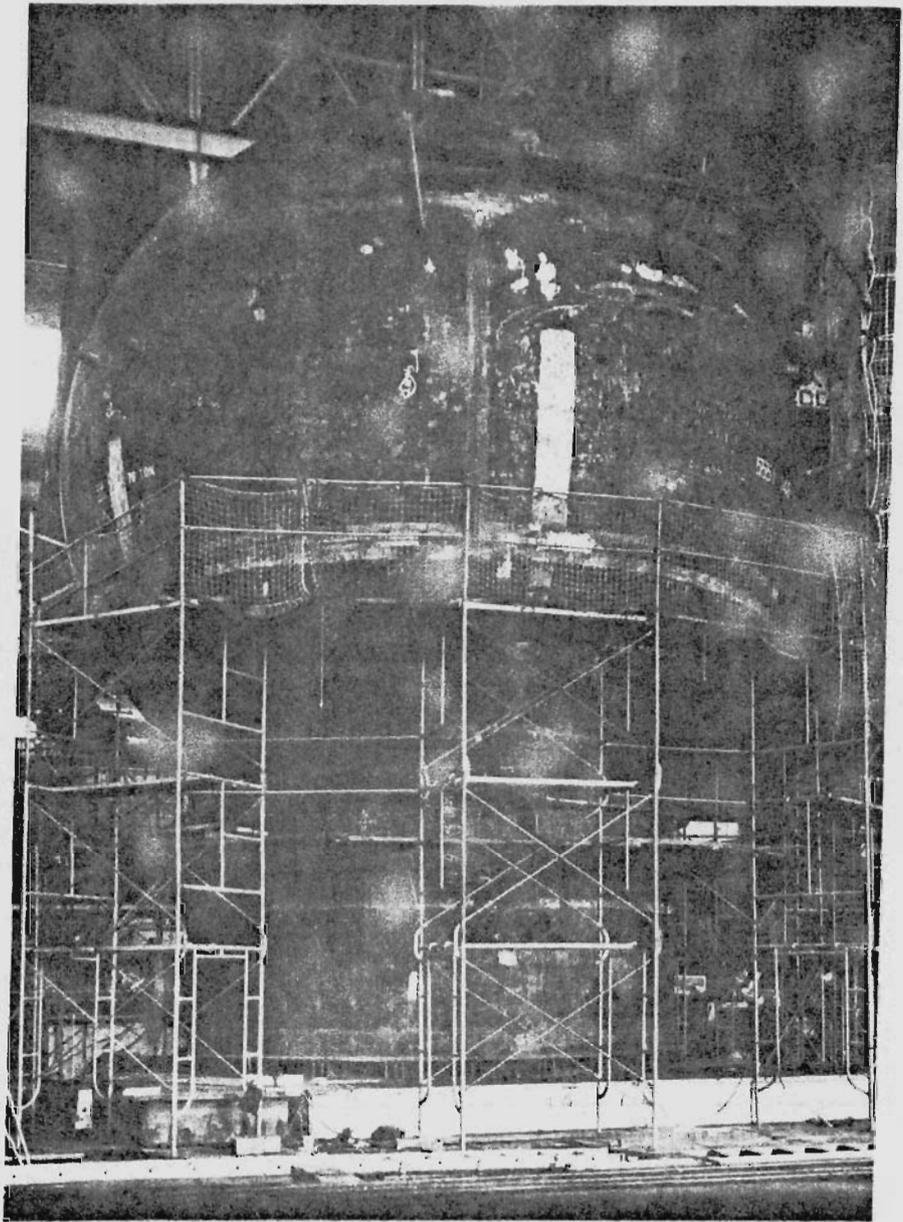


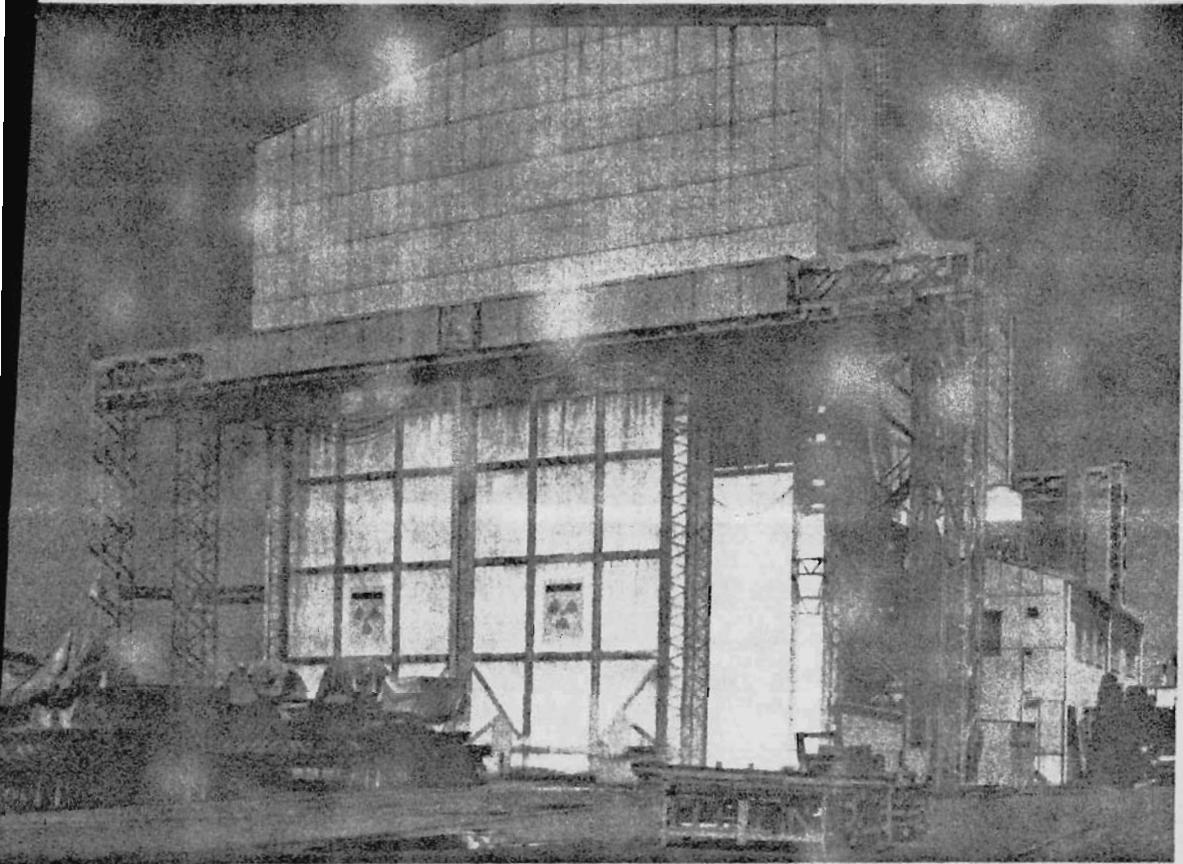


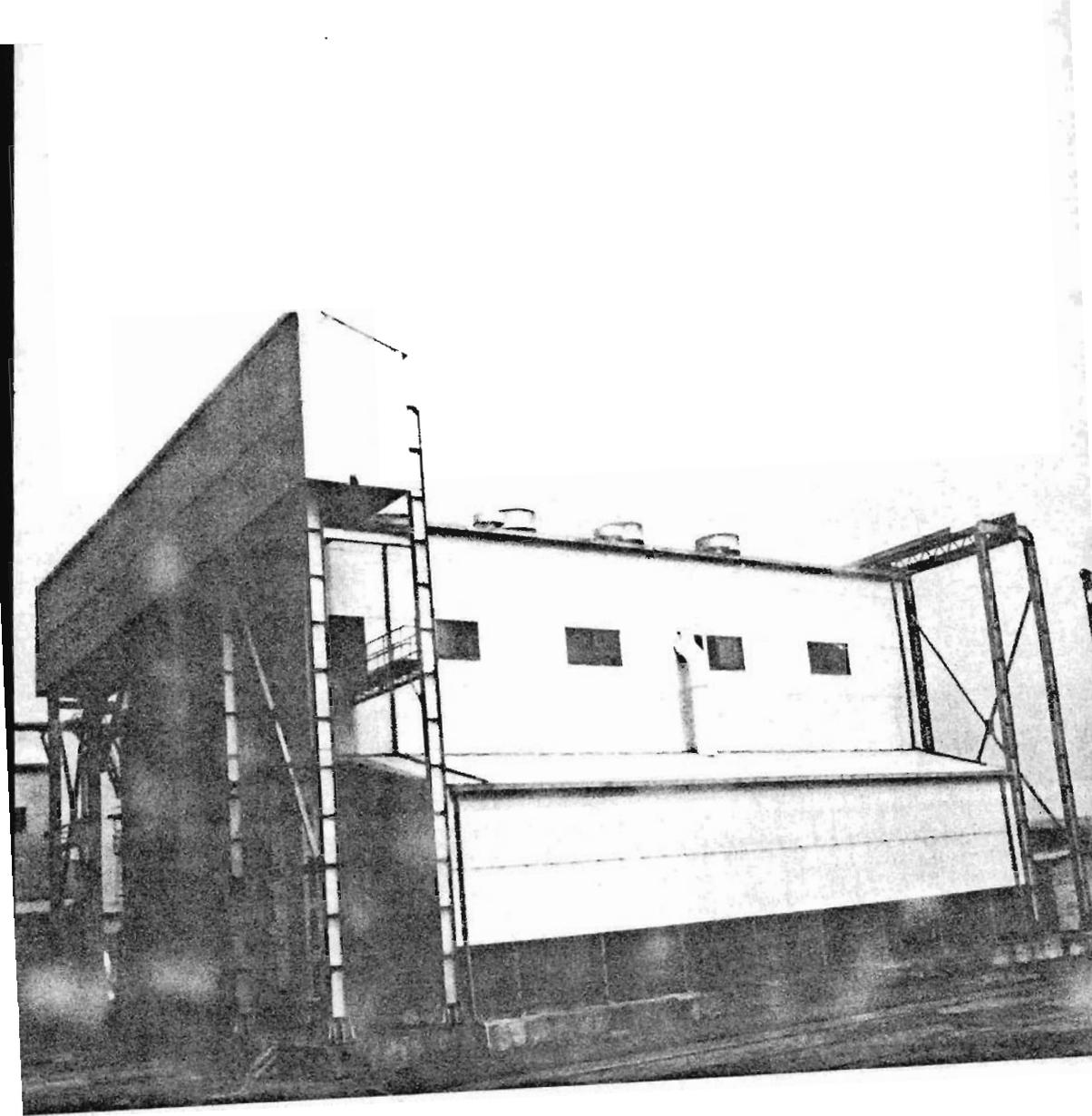


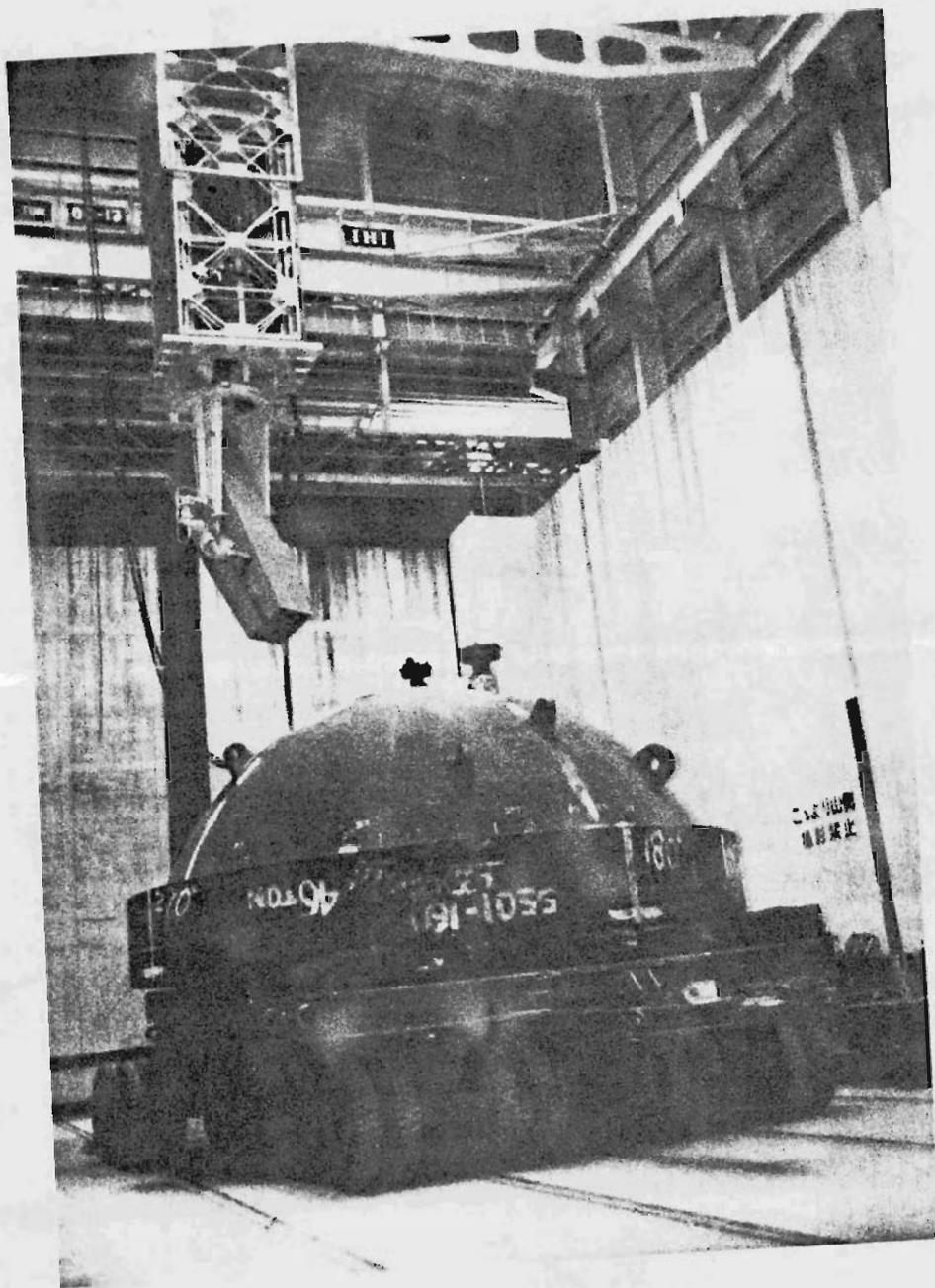












**TABLAS DE CONVERSION**  
**ENTRE SISTEMA INGLES, ABSOLUTO E INTERNACIONAL**

CANTIDAD	PARA CONVERTIR DE	A	MULTIPLICAR POR
LONGITUD	m	cm	$1.0 \times 10^2$
	cm	mm	$1.0 \times 10$
	in	cm	2.54
	cm	in	0.3937
AREA	m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	$1.0 \times 10^4$
	cm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	$1.0 \times 10^2$
	in <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	6.4516
	cm <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	0.155
VOLUMEN	m <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	$1.0 \times 10^6$
	cm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup>	$1.0 \times 10^3$
	in <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	16.387
	cm <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	0.061
	Barriles	m <sup>3</sup>	$1.589 \times 10^{-3}$
MASA	lb	kg	0.454
	kg	lb	2.202
	Ton	kg	$1.0 \times 10^3$
FUERZA	kgf	lbf	2.187
	lbf	kgf	0.457
	kgf	N	9.8
	N	kgf	0.102
	lbf	N	4.448
	N	lbf	0.2248
ESFUERZO	kgf/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	$1.0 \times 10^{-4}$
	kgf/cm <sup>2</sup>	kgf/mm <sup>2</sup>	$1.0 \times 10^{-2}$
	kgf/m <sup>2</sup>	Pa	9.8
	Pa	kgf/m <sup>2</sup>	0.102
	lbf/cm <sup>2</sup>	Pa	$6.89 \times 10^3$
	kips/in <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup>	$1.0 \times 10^3$
	kgf/cm <sup>2</sup>	lbf/in <sup>2</sup>	$1.4109 \times 10$
	lbf/in <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	0.0708
	N/cm <sup>2</sup>	Pa	$1.0 \times 10^4$
	N/mm <sup>2</sup>	Pa	$1.0 \times 10^6$
TEMPERATURA	°F	°C	$\frac{5}{9}(\text{°F}-32)$
	°C	°F	$\frac{9}{5} \text{°C}+32$

## BIBLIOGRAFIA:

## LIBROS:

- 1.- ASME Sección VIII División 1 "Del Código ASME para calderas y Recipientes a Presión"  
Edición 1974 lo. Julio, 1974  
Publicado por la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos.  
345 East Forty-Seventh Street  
New York. N.Y. 10017.
- 2.- B.S. 5500: 1976  
UDC 621, 7724: 621.6423.791.5/.8  
"Especificaciones para recipientes a Presión soldados por fusión no sujetos a fuego directo".  
Edición 1976.  
Publicado por la British Standard Institution 2 Park. Street.  
London W1 A 2 BS.  
Teléfono 01 629 9 000  
Telex. 266933
- 3.- JIS 8243-1975  
"Japanese Industrial Standard  
"Construcción de Recipientes a Presión  
UDC 621-772.4  
621.642+66.023 - 987
- 4.- Process Equipment Design  
(Vessel Design)  
Lloyd E. Brownell  
Profesor de Ingeniería Química y Nuclear  
Universidad de Michigan.  
Edwin H. Young.  
Profesor asociado de Ingeniería Química y Metalúrgica.  
Publicada por John Wiley & Sons, Inc.  
1959  
New York.

- 5.- Ingeniería de Diseño Tomo I y II  
P. Orlov  
1974-1975  
Editorial Mir. Moscú.
- 6.- Unfired Pressure Vessels  
The ASME Code Simplified  
Robert Chose 4 th Edition  
F.W. Dodge Corporation, N.Y.
- 7.- Pressure Vessel  
Analysis Program (1966)  
Mc. Donall Automation Center.
- 8.- Handbook Chemical Engineering  
5a. Edición  
Editorial Mc. Grall Hill. N.Y.  
Sección 6 y 25
- 9.- Engineering Design  
Jeseoph H. Faupel Ph. D.  
John Wiley Sons. N.Y.

#### ARTICULOS Y REVISTAS:

- 1.- Zick L.P. "Design of Welded Pressure Vessel Using Quenched and Tempered Steel". Welding Journal Suppl 34 No. 9 (1955).
- 2.- Susuky y Oba.- "On the use of QT high Strength steels in Japan 1971
- 3.- "Códigos de Recipientes a Presión Europeos" Hydrocarbon Processing. Junio 1971  
Autor F. Dall" Ora.  
Montecatini Edison S.P.A., Milan, Italia  
Pág. 93 a 99.

- 4.- "Códigos de Recipientes a Presión en EE.UU."  
Hydrocarbon Processing.  
Junio 1971  
Autor: James R. Palmer  
Ehrhart División, Procon Incorporated,  
Los Angeles, California  
Pág. 99 a 101
- 5.- "Economía Relativa de los Materiales de Acero de Recipientes a Presión".  
Chemical Engineering.  
15 de Diciembre 1969  
Autor Ludwig Adams, Pitts Burgh-Des Moines  
Steel Co, Neville Island. Pa.  
Pág. 150 a 151
- 6.- Pressure Vessel Development  
-Hamer, J.A.  
British Chemical Engineering V16 n6  
Junio 1971  
P. 473
- 7.- Pressure Vessel . . . 1968  
Horton, R.T.  
Chemical Process Engineering  
V 49 n 5  
Mayo 1968  
P. 79 a 81.
- 8.- Japan Metal Bulletin  
Información sobre Acero y Metales  
Publicada cada 3er. día por The Sangyo Press  
L.T.D. Oficina Tokyo  
Mayo 15 1976.
- 9.- "Reportaje especial sobre Códigos sobre Recipientes a presión. Hydrocarbon Processing  
Diciembre 1975  
Autor Frank-L-Wvans.  
Pág. 60 a 67.

- 10.- "Aceros para Recipientes a Presión de Estados Unidos e Europa"  
Hydrocarbon Processing  
Octubre 1964  
Autor. J.F. Lancaster, Kellogg International Corp. Londnn.  
Pág. 161 a 170.
- 11.- Catálogo Aceros Especiales y Aceros Inoxidables Planos. Campos Hermanos, S.A.
- 12.- Diseño Seguro, Construcción e Instalación Recipientes a Presión.  
A.I. SNYDER-British Chemical Eng.  
Junio 1971  
Vol 16 No. 6.
- 13.- "Estimating Weights of. Pressure Vesels"  
Chemical Engineering  
V. Ganapathy.  
Bharat Heavy Electricals, LTd India.  
Diciembre 23, 1974.
- 14.- Memoria de la Ira. Conferencia Internacional sobre Normalización de Calderas y Recipientes a Presión.  
Noviembre 1974.  
Editado por AMIME y SIC.
- 15.- Memoria V Convención Anual del Comité de Normas para, Calderas y Recipientes a Presión.  
México 1973.  
Editada por AMIME.
- 16.- Cámara del Hierro y Ácero  
Departamento de Estudios Económicos  
Amores No. 338  
México 12 D.F.

- 17.- Materias Primas para la Industria Siderúrgica  
Colegio de Ingenieros de Minas, Metalurgistas,  
Petroleos y Geólogos.  
IMHA. CANACERO  
II Reunión Bienal de la Industria Siderúrgica  
Mexicana.  
Agosto 1976 México.

#### NORMAS

NORMAS ASME 515 Gr 70.

Normas B.S. 1501.213 Gr. 32  
Normas JIS G 3103 Cl. 4 Sb 49  
Norma D.G.N. 244

- 18.- Chemical Marketing Reports  
Publicación Quincenal EE.UU.  
Marzo 1977. 2da. Quincena.

ESTA EDICION SE IMPRIMIO EN LOS TALLERES  
GRAFICOS DE GUADARRAMA IMPRESORES, S. A.  
AV. CUAUHEMOC 1201, COL. VERTIZ NARVARTE  
MEXICO 13, DF TEL 5592277 CON TRES LINEAS