

CAP. I GENERALIDADES.

FUNCION DEL RECIPIENTE

INTRODUCCION

HISTORIA DEL CODIGO A.S.M.E.

CLASIFICACION DEL CODIGO A.S.M.E.

LIMITACIONES DE LA DIVISION 1

SOCIEDADES E INSTITUTOS

NORMAS DE CALIDAD ISO 9000

TIPOS DE RECIPIENTES

TIPOS DE TAPAS PARA RECIPIENTES A PRESION

CAP. II CRITERIOS DE DISEÑO

MATERIALES PARA RECIPIENTES A PRESION

CONSEPTO DE ESFUERZO ADMISIBLE

FILISIFIA DE DISEÑO

TIPO DE CARGAS - ESFUERZOS

TOLERANCIAS

ECUACION DE LA MEMBRANA MODIFICADA POR ASME

CATEGORIA DE CARGAS



[CODIGO ASME]

HISTORIA DEL CÓDIGO A.S.M.E.

A fin de 1700, sobresale el uso de calderas y la necesidad de proteger al personal de fallas catastróficas. Las calderas para generación de vapor con presiones mayores a la atmosférica. El descuido y la negligencia de los operadores, las fallas de diseño en las válvulas de seguridad, inspecciones inadecuadas producen muchas fallas y explosiones de calderas en los Estados Unidos y Europa.

En junio de 1817, el comité del consejo de Filadelfia expone las explosiones de calderas de barcos. Este comité recomienda que se establezca un Instituto Legislador y se reglamenten las capacidades de presión, Instalación adecuada a la válvula de alivio e inspección mensual.

En 1911, debido a la falta de uniformidad para la fabricación de calderas, los fabricantes y usuarios de calderas y recipientes a presión recurrieron al consejo de la A.S.M.E., para corregir está situación.

En respuesta a las necesidades obvias de diseño y estandarización, numerosas sociedades fueron formadas entre 1911 y 1921, tales como la A.S.A. (Asociación Americana de Estándares) ahora ANSI (Instituto Americano de Estándares Nacionales) el A.I.S.C. (Instituto Americano del Acero de Construcción) y la A.W.S. (Sociedad Americana de Soldadura).

Los códigos estándares fueron establecidos para proporcionar métodos de fabricación, registros y reportar datos de diseño.

CLASIFICACIÓN DEL CÓDIGO A.S.M.E.

Sección I	Calderas de Potencia
Sección II	Especificación de Materiales
Sección III	Requisitos generales para División 1 y División 2
Sección IV	Calderas para Calefacción
Sección V	Pruebas no Destructivas
Sección VI	Reglas y Recomendaciones para el cuidado y operación de Las Calderas de Calefacción
Sección VII	Guía y recomendaciones para el cuidado de Calderas de Potencia
Sección VIII	Recipientes a Presión
Sección IX	Calificación de Soldadura
Sección X	Recipientes a Presión de Plástico reforzado en fibra de Vidrio
Sección XI	Reglas para Inspección en servicio de Plantas Nucleares



[CODIGO ASME]

CODIGO ASME SECCION VIII DIVISION 1

En esta parte del código se establecen los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación e inspección y para obtener la certificación autorizada de la ASME para los recipientes a presión.

En base a esto se ha dividido en:

Subsección A. Parte UG que cubre los requerimientos generales.

Subsección B. Requerimientos de fabricación

Parte UW.- Para recipientes que serán fabricados por soldadura.

Parte UF.- Para recipientes que serán fabricados por forjado

Parte UB.- Para recipientes que serán fabricados utilizando un material de relleno no ferroso a este proceso se le denomina "brazing"

Subsección C. Requerimientos de materiales

Parte UCS.- Para recipientes construidos con acero al carbón y de baja aleación.

Parte UNF.- Para los construidos con materiales no ferrosos.

Parte UCI.- Para los construidos con fierro fundido.

Parte UCL.- Para los construidos con una placa "clad" integral o con recubrimiento tipo "lining".

Parte UCD.- Para los construidos con fierro fundido dúctil.

Parte UNT.- Para los construidos con aceros ferriticos con propiedades de tensión mejoradas por tratamiento térmico.

Parte ULW.- Para los fabricados por el método de multicapas.

Parte ULT.- Para los construidos con materiales con esfuerzos permisibles mas altos a bajas temperaturas.

▪ **LIMITACIONES DE LA DIVISIÓN 1**

- La presión deberá ser menor a 3000 psi.
- Calentadores tubulares sujetos a fuego.
- Recipientes a presión que son parte integral de componentes de sistemas de tubería
- Sistemas de tuberías.
- Componentes de tubería.
- Recipientes para menos de 454.3 litros (120 galones) de capacidad de agua, que utilizan aire como elemento originador de presión.
- Tanques que suministran agua caliente bajo las siguientes características:
 - Suministro de calor no mayor de 58,600 W (200,000 Btu/h)
 - Temperatura del agua de 99° c (210°f)
 - Capacidad de 454.3 lt (120 galones)
- Recipientes sujetos a presión interna o externa menor de 1.0055 Kg./cm² (15psi)
- Recipientes que no excedan de 15.2 cm (6 pulg) de diámetro.



[CODIGO ASME]

SOCIEDADES E INSTITUTOS

A.W.S. (American Welding Society)

Proporciona la información fundamental de soldadura, diseño de soldadura, calificación, pruebas e inspección de soldaduras, así como una Guía de la aplicación y uso de la soldadura.

A.I.S.C. (American Institute of Steel Construction)

Fundado en 1921, su primer manual surgió en 1926, proporciona una Guía y código para maximizar la eficiencia del diseño de acero estructural y seguridad.

El código A.I.S.C. contiene ecuaciones de diseño, criterios de diseño y diseños prácticos para acero estructural. Su uso es recomendado para el diseño de edificios, puentes o cualquier estructura de acero, incluyendo aquellas que sirvan como soportes rígidos de tubería.

A.N.S.I. (American National Standards Institute)

Inicialmente establecida en 1918 como A.S.A. (American Standards Association) cambio su nombre en 1967 a U.S.A.S.I. (U.S.A. Standards Institute) y en 1969 cambio a A.N.S.I.

No todos los estándares de U.S. son directamente resueltos por A.N.S.I. El A.S.M.E., A.W.S., y numerosas organizaciones definen los estándares y códigos aplicables a la tubería.

A.N.S.I. clasifica la aplicación del sistema de tuberías, bridas, pernos, roscas, válvulas.



[CODIGO ASME]

A.S.M.E. (American Society of Mechanical Engineers)

En 1913, en comité editó el primer reporte preliminar de 2000 ingenieros mecánicos, profesionales e inspectores de seguros.

En 1914, se editó la sección 1 del código A.S.M.E., uno de los primeros códigos y estándares en U.S.

El comité recomienda del código para calderas y recipientes a presión así como el estándar para construcción y código de inspección.

A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials)

Fue fundada en 1898 para desarrollar los estándares de la característica y eficiencia de los materiales, productos, suministros de servicios y producir lo relativo a su comportamiento.

NORMAS DE CALIDAD ISO

INRODUCCION.

Este estándar internacional es uno de los tres estándares internacionales relacionados con los requerimientos de calidad, los cuales pueden ser utilizados para propósitos de aseguramiento de calidad establecidos por los tres estándares internacionales mencionados.

A) **ISO 9001. Sistema de calidad.**

Modelo de aseguramiento de calidad en diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio. Para usarse cuando la conformidad de requerimientos especificados debe ser asegurada por el proveedor durante el diseño, desarrollo, producción, instalación y servicio.

B) **ISO 9002. Sistema de calidad - modelo para aseguramiento de calidad en producción, instalación y servicio.**

Para usarse cuando la conformidad de requerimiento especificado debe ser asegurada por el proveedor durante la producción, instalación y servicio.

C) **ISO 9003. Sistema de calidad - modelo para aseguramiento de calidad en prueba de inspección final.**

• NORMAS DE REFERENCIA

El siguiente estándar contiene provisiones, las cuales son mencionadas en este texto constituyendo provisiones de este estándar internacional. Todos los estándares son sujetos a revisión y las partes de los acuerdos de este estándar son impulsados a investigar la posible aplicación de la más reciente edición del estándar.



[CODIGO ASME]

POLITICA DE CALIDAD.

La administración del proveedor con responsabilidad ejecutiva de definir y aumentar su política para la calidad. La política de calidad debe ser relacionada a los propósitos organizacionales del proveedor así como las expectativas y necesidades de sus clientes, el proveedor deberá tomar en cuenta las diferentes actividades como apropiadas, en reunir requerimientos especificados para productos.

CONTROL DE DISEÑO.

ENTRADA DE DISEÑO.

Los requerimientos de entrada de diseño relacionado con el producto, incluyendo requerimientos aplicables mandatorios y regulatorios deben ser identificados, documentados y revisado su selección con el proveedor, para su educación. Los requerimientos incompletos, ambiguos o conflictivos, deben ser resueltos con aquellos responsables de establecer estos requerimientos.

SALIDA DE DISEÑO.

Debe ser documentada y expresada en términos que pueda ser verificada y validada contra los requerimientos de entrada de diseño.

La salida de diseño debe ser;

1. Satisfacer los requerimientos de entrada de diseño.
2. Contener o hacer referencia a criterios de aceptación.
3. Identificar aquellas características del diseño que son cruciales en la seguridad y funcionamiento apropiado del producto. Los documentos de salida de diseño deben ser revisados antes de su liberación.

REVISION DE DISEÑO.

En apropiadas etapas de diseño, revisiones formales documentadas de los resultados de diseño deben ser planeadas y conducidas.

Los participantes en cada revisión deben incluir representantes de todas las funciones relacionadas con la etapa de diseño esta siendo revisada, así como otro personal especialista cuando se requiera.

CAMBIOS DE DISEÑO.

Todos los cambios y modificaciones de diseño deben ser identificados, documentados, revisados y comprobados por personal autorizado antes de su implementación.

TIPOS DE RECIPIENTES

Existen numerosos tipos de recipientes que se utilizan en las plantas industriales o de procesos. Algunos de estos tienen la finalidad de almacenar sustancias que se dirigen o convergen de algún proceso, este tipo de recipientes son llamados en general tanques. Los diferentes tipos de recipientes que existen, se clasifican de la siguiente manera:

POR SU USO:

Los podemos dividir en recipientes de almacenamiento y en recipientes de procesos.

Los primeros nos sirven únicamente para almacenar fluidos a presión y de acuerdo con sus servicios son conocidos como tanques de almacenamiento, tanques de día, tanques acumuladores, etc.

POR SU FORMA:

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

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

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

- 1.- Recipientes Abiertos.
 - 1.1 Tanques Abiertos.
- 2.- Recipientes Cerrados.
 - 2.1 Tanques cilíndricos verticales, fondo plano.

- 2.2 Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas.
- 2.3 Recipientes esféricos.

Indicaremos algunas de las generalidades en el uso de los tipos más comunes de recipientes:

- **RECIPIENTES ABIERTOS:** Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinajas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc.

Obviamente este tipo de recipiente es más que el recipiente cerrado de una misma capacidad y construcción. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado es usado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero, cartón, concreto.... Sin embargo en los procesos industriales son construidos de acero por su bajo costo inicial y fácil fabricación.

- **RECIPIENTES CERRADOS:** Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados.
- **TANQUES CILINDRICOS DE FONDO PLANO:** El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada. En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.
- **RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES Y VERTICALES CON CABEZAS FORMADAS:** Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza

estándar común y toricoidal. Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.

- **RECIPIENTES ESFERICOS:** El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm²).

Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm²) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión es obvio que el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación.

A presiones altas de operación de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

TIPOS DE TAPAS DE RECIPIENTES BAJO PRESION INTERNA

Los recipientes sometidos a presión pueden estar contruidos por diferentes tipos de tapas o cabezas. Cada una de estas es más recomendable a ciertas condiciones de operación y costo monetario.

TAPAS PLANAS:

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

TAPAS TORIESFERICAS:



[CODIGO ASME]

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 mts. (11.8 - 236.22 pulgs.).

TAPAS SEMIELIPTICAS:

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto y en México se fabrican hasta un diámetro máximo de 3 mts.

TAPAS SEMIESFERICAS:

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

TAPA 80:10:

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

TAPAS CONICAS:

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo de vértice no deberá de ser calculado como tapa plana.

TAPAS TORICONICAS:

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tiene las mismas restricciones que las cónicas a excepción de que en México no se pueden fabricar con un diámetro mayor de 6 mas.

TAPAS PLANAS CON CEJA:

Estas tapas se utilizan generalmente para presión atmosférica, su costo es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 mts. De diámetro máximo.

TAPAS ÚNICAMENTE ABOMBADAS:

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada, al efectuar un cambio brusco de dirección.

CAPITULO II CRITERIOS DE DISEÑO

MATERIALES PARA RECIPIENTES A PRESION

ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS.

Los aceros al carbón y de baja aleación son usualmente usados donde las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costos y la gran utilidad de estos aceros.

Los recipientes a presión pueden ser fabricados de placas de acero conociendo las especificaciones de SA-7, SA-113 C y SA-283 A, B, C, y D, con las siguientes consideraciones:

- 1.- Los recipientes no contengan líquidos ó gases letales.
- 2.- La temperatura de operación está entre -20 y 650°F.
- 3.- El espesor de la placa no exceda de 5/8"
- 4.- El acero sea manufacturado por horno eléctrico u horno abierto.
- 5.- El material no sea usado para calderas.

Uno de los aceros más usados en los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión es el SA-283 C.

Estos aceros tienen una buena ductilidad, fusión de soldadura y fácilmente maquinables. Este es también uno de los aceros más económicos apropiados para recipientes a presión; sin embargo, su uso es limitado a recipientes con espesores de placas que no excedan de 5/8" para recipientes con un gran espesor de cascarón y presión de operación moderadas el acero SA-285 C es muy usado. En el caso de presiones altas o diámetros largos de recipientes, un acero de alta resistencia puede ser usado como el acero SA-212 B es conveniente para semejantes aplicaciones y requiere un espesor de cascarón de solamente de 790% que el requerido por el SA-285 C. Este acero es también fácilmente fabricado pero es más caro que otros aceros.

El acero SA-283 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas sobre 650°F; el SA-285 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas que excedan de 900°F, y el SA-212 tiene muchos esfuerzos permisibles bajos en las temperaturas más altas, por lo que el acero para temperaturas entre 650 y 1000°F.

El acero SA-204, el cual contiene 0.4 a 0.6% de molibdeno es satisfactorio y tiene buenas cualidades. Para temperaturas de servicio bajas (-50 a -150°F) un acero niquelado tal como un SA-203 puede ser usado. Los esfuerzos permisibles para estos aceros no están especificados por temperaturas bajas de -20°F. Normalmente el fabricante hace pruebas de impacto para determinar la aplicación del acero y fracturas a bajas temperaturas.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos.

Así pues realizaremos un breve análisis de la filosofía a que sigue la ASME, para seleccionar sus materiales y por consiguiente para especificarlos como adecuados en la construcción de los recipientes a presión.

CLASES DE MATERIALES.

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, lo cual va implícita en su especificación. A continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y forma de suministro. Ver tabla USC-23.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc.

Así pues es necesario una explicación más amplia acerca del criterio de la selección de los materiales que pueden aplicarse a los recipientes como:

ACEROS AL CARBON

Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

ACEROS DE BAJA ALEACION

Como su nombre lo indica, estos aceros contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón.

En la tabla 3.1 se puede observar los aceros recomendados para los rangos de temperatura más usuales.

ACEROS DE ALTA ALEACION

Comúnmente llamados aceros inoxidables. Su costo en general es mayor que para los dos anteriores. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión.

MATERIALES NO FERROSOS

El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura.

PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MATERIALES PARA SATISFACER LAS CONDICIONES DE SERVICIO

PROPIEDADES MECANICAS.

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, por cierto de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

PROPIEDADES FISICAS.

En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.

PROPIEDADES QUIMICAS.

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- a) Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
- b) Sobre diseño en las dimensiones. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.

- c) Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
- d) Paros debido a la corrosión de equipos. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.
- e) Contaminación o pérdida del producto. Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

SOLDABILIDAD.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

EVALUACION DE LOS MATERIALES SUGERIDOS

- Vida estimada de la planta
- Duración estimada del material
- Confiabilidad del material
- Disponibilidad y tiempo de entrega del material
- Costo del material
- Costo de mantenimiento e inspección

CALDERAS

DEL NORTE S.A. DE C.V.



[CODIGO ASME]

TEMPERATURA EN °C	TEMPERATURA EN °F	MATERIAL PARA CASCARON	CABEZAS Y PLANTILLAS DE REFUERZO
-67 a -46.1	-90 a -51	SA-203 B*	SA-203 A
-45.6 a -40.5	-50 a -41	SA-516-65	SA-203 B
-40 a 15.6	-40 a +60	SA-516-70+	SA-516-65
15.6 a 343	+60 a 650	SA-285-C	SA-515-70
344 a 412.8	-651 a +775	SA-515-70	

- ◆ Para espesores mayores de 51 mm llevarán relevado de esfuerzos.
- + Para temperaturas de -20°F llevará relevado de esfuerzos.

**TABLA 3.1
ACEROS RECOMENDABLES PARA DIFERENTES TEMPERATURAS**

CONSEPTO DE ESFUERZO ADMISIBLE

▪ ESFUERZOS ADMISIBLES

Son los grados de exactitud con los cuales las cargas pueden ser estimadas, la confiabilidad de los esfuerzos estimados para estas cargas, la uniformidad del material, el peligro a la falla ocurre y en otras consideraciones como:

Esfuerzos locales con concentración de esfuerzos, fatiga y corrosión.

Para materiales que sean sometidos a temperaturas inferiores al rango de termofluencia los esfuerzos admisibles se pueden considerar con el 25% de la resistencia a la tensión o el 62.5% de la resistencia a la cedencia a la temperatura de operación. Los materiales usados para anclaje en el rango de temperatura de -20 a 400°F (-28.88 a 204.44°C) se considera que es un 20% de la resistencia a la cedencia.

El porcentaje de resistencia a la cedencia usando como esfuerzo admisible es controlado por un número de factores tales como la exactitud con la cual la carga de confiabilidad de los esfuerzos con frecuencia se usa un esfuerzo admisible para aceros estructurales.

$$\text{Adm.} = \frac{S_y}{2} \quad \text{ó} \quad \text{adm} = \frac{2}{3} S_y$$

FILOSOFIA DE DISEÑO

En general los recipientes a presión diseñados de acuerdo con el código ASME Secc. VIII Div. 1. son diseñados por reglas que no requieren una evaluación detallada de todos los esfuerzos. Se reconoce que existen esfuerzos secundarios elevados flexionantes pero al admitir un factor elevado de seguridad y las reglas del diseño, estos esfuerzos serán compensados como regla general cuando se realiza un análisis mas detallado de esfuerzos permiten considerar esfuerzos admisibles mayores en lugar de usar un factor de seguridad elevado como el utilizado en el código. Un factor de seguridad elevado refleja una falta de conocimiento de los esfuerzos reales.

El diseñador debe de familiarizarse con los diversos tipos de esfuerzos y cargas para lograr un diseño económico y seguro.

CATEGORIAS DE EXPOSICION

Zona A

Para grandes ciudades donde por lo menos el 50% de los edificios excede a 70' pies de altura.

Zona B

Areas urbanas suburbanas y boscosas.

Zona C

Para terreno abierto como terracerias donde cualquier obstrucción sea menor a 30' pies.

Zona D

Para áreas costeras, planas, incluye aquellas áreas localizadas como mínimo a 10 veces la altura de la estructura.

CATEGORIAS DE FALLAS TIPODE FALLAS - CARGAS

Categorías de fallas

- | | |
|---------------------|--|
| 1. Material | d) T elevada |
| 2. Diseño | e) Elevado choque o vibración |
| 3. Fabricación | f) Contenido del recipiente |
| 4. Servicio | 1. Hidrogeno 3. Aire comprimido |
| a) Letal | 2. Amoniaco 4. Sosa cáustica |
| b) Fatiga (cíclica) | 5. Cloruros |
| c) Fragilidad | |

Tipo de fallas

1. Deformación Elástica
2. Fractura por Fragilidad
3. Deformación Plástica
4. Inestabilidad Plástica
5. Corrosión

Tipo de Cargas

Estable e Inestable

Cargas Estables

- a) Presión
- b) Peso propio
- c) Carga de viento
- d) Fluido
- e) Escaleras, plataformas
- f) Carga térmica

Cargas Inestables

- a) Prueba Hidrostática
- b) Sísmica
- c) Transporte
- d) Arranque y paro de equipo
- e) Carga térmica
- f) Montaje
- g) Emergencia



CRITERIOS DE DISEÑO EN RECIPIENTES

Las unidades de equipo de proceso pueden fallar en servicio por diversas razones. Las consideraciones por tipo de falla que pueda presentarse es uno de los criterios que deben usarse en el diseño de equipo. La falla puede ser el resultado de una deformación plástica excesiva o elástica o por termofluencia (creep). Como un resultado de tal deformación el equipo puede fallar al no realizar su función específica sin llegar a la ruptura.

Las fallas pueden clasificarse:

- ◆ Deformación Elástica excesiva
- ◆ Inestabilidad elástica, Inestabilidad plástica, Ruptura por fragilidad, Termofluencia o Corrosión.

La Inestabilidad Elástica

Es un fenómeno asociado con las estructuras que tienen limitada su rigidez y están sujetas a compresión, flexión, torsión, combinación de tales cargas. La inestabilidad elástica es una condición de la cual la inestabilidad elástica es una condición en la cual la forma de la estructura es alterada como resultado de rigidez insuficiente.

Inestabilidad plástica

El criterio de mayor uso para el diseño de equipo es aquel que mantiene los esfuerzos inducidos dentro de la región elástica del material de construcción con el fin de evitar la deformación plástica como resultado de exceder el punto de cedencia.

$$S_{adm} = \frac{S_u}{F_s} \quad ; \quad S_{adm} = \frac{S_y}{F_s}$$

$$F_s = 4 \text{ (ASME)}$$

Para controlar la presión en el recipiente nos ayuda la válvula de alivio.

$$P_{aj} = P_{op} + 0.1 P_{op} = 1.1 P_{op}$$

MAWP = Máxima P de Trabajo Adm.

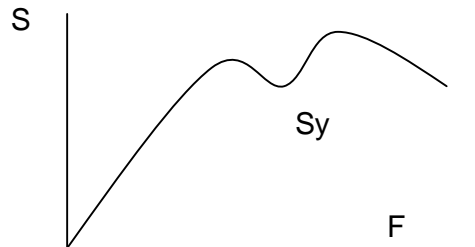
Mop = Max P de Op.

MOP < 10 a 20% de MAWP

S = Esfuerzo



F = Deformaciones
Sy = Esfuerzo de cedencia
Su = Esfuerzo ultimo



Fragilidad

En los recipientes se producen cambios críticos en las propiedades físicas del material del recipiente durante el servicio; uno de estos con frecuencia encontrado es el hidrogeno el cual bajo la acción de elevada presión y/o elevada temperatura produce dos efectos:

- 1.- Una difusión es el material produciendo una combinación en su forma molecular dentro del metal de manera que al estar el recipiente sometido a elevadas presiones la superficie se combina ó se producen ampollas.
- 2.- Una perdida de carbono, este ataque es ocasionado por la formación de metano resultando en la creación de fisuras con la consecuente pérdida de resistencia y dureza, con lo que se aumenta la ductibilidad del metal, presentándose una falla por fragilidad.

Esto es más frecuente en aceros con mayor nivel de resistencia, lo mismo que con la presencia de boquillas u otras fuentes de concentración de esfuerzos.

Los aceros más usados para este tipo de servicios son los aceros al cromo - molibdeno.

Termofluencia

Nos indica que a temperaturas elevadas la deformación inelastica del material en función del tiempo es definida como la CREEP.

El cromo, molibdeno y el níquel son los elementos adecuados de aleación para servicios de alta temperatura.



Fatiga

La falla a la fatiga se presenta por la aplicación repetida de pequeñas cargas, las cuales por si mismas son incapaces de producir deformación plástica que pueda detectarse con el tiempo, estas cargas hacen que se habrá una grieta y que se propague a través de la pieza; ocurre la intensificación de los esfuerzos y por ultimo, resulta una fractura frágil y repentina. Los metales ferrosos y sus aleaciones tienen un valor límite de esfuerzos repentinos, los cuales pueden aplicarse e invertirse para un gran número no definido de ciclos sin que se causen fallas. Este esfuerzo se llama límite de fatiga.

Esfuerzo Admisible

El porcentaje de resistencia a la cedencia usado como esfuerzo admisible es controlado por un número de factores tales como la exactitud con la cual las cargas pueden ser estimadas, la confiabilidad de los esfuerzos calculados para esas cargas, la uniformidad del material, el peligro si la falla ocurre y otras consideraciones como concentración de esfuerzos, impacto, fatiga y corrosión.

TEORIA DE LA MEMBRANA MODIFICADA POR LA ASME

A continuación se harán algunas transformaciones de la siguiente ecuación.

De la siguiente ecuación se tiene:

$$St = \frac{a^2 P_i}{b^2 - a^2} \cdot \left(1 + \frac{b^2}{r^2}\right)$$

Sabemos que el St_{max} se presenta cuando $r = a$ por otra parte $b/a = K$; entonces:

$$St = P_i \left(\frac{a^2}{b^2 - a^2} \right) \left(1 + \frac{b^2}{a^2}\right)$$

$$St = P_i \left(\frac{1}{\frac{b^2 - a^2}{a^2}} \right) (K^2 + 1)$$

$$St = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} P_i$$



En la ecuación $St = \frac{P_i r}{T}$ pero $t = b - a$ y $r = a$

Por lo tanto: $St = P_i a$; $St = \frac{P_i 1}{K - 1}$

Hay una diferencia que existe entre las dos fórmulas, esto ocurre debido a que la fórmula de la membrana en la relación $t - D$ (espesor - diámetro) debe ser menor que 0.1, con el fin de acercarnos a la solución lineal aplicada a la ecuación de la membrana considerando:

$$\frac{St}{P_i} = \frac{1}{K - 1} + 0.6$$

Que es la formula de la ecuación de la membrana modificada por la ASME.

$$\frac{St}{P_i} = \frac{1}{t} + 0.6 ; \quad t = \frac{P_i r}{St - 0.6 P_i}$$

Si se incluye la corrosión permisible "c" y el factor de eficiencia de junta soldada "Eo", la ecuación será:

$$T = \frac{P_i r}{St E_o - 0.6 P_i} + C$$

Si al St lo limitamos al esfuerzo permitido del material S; entonces:

$$T = \frac{P_i r}{S E_o - 0.6 P_i} + C$$

Esta ecuación es la que se especifica en el código con:

Eo = 1 Para radiografiado total
Eo = 0.85 Para radiografiado por puntos.
Eo = 0.70 Para equipo sin radiografiado.

Existen restricciones adicionales para el uso de la ecuación

- Cuando el valor de la presión exceda de $0.385 S E_o$
- Cuando el espesor excede a la mitad del radio interior.

En la figura siguiente se muestra las curvas obtenidas al diseñar recipientes con diferentes criterios de fallas.



Como se ve la solución más conservadora es la ecuación de Lamé seguida por la ASME.

TIPOS DE CARGAS

CATEGORIA DE CARGAS

1.- CARGAS GENERALES.

Carga Por Compresión:

Presión interna, presión externa, presión de vacío, presión de prueba, presión hidrostática, presión de diseño y presión de operación.

Cargas por momento:

Sismo, montaje, transporte, etc.

Cargas de tensión:

Compresión, peso propio, equipo instalado, plataforma, tubería, escalera.

Cargas térmicas:

Viento, sismo, etc.

2.- CARGAS LOGICAS.

- Radial
- De corte
- De tensión
- Tangencial
- De momento
- Térmicas

3.- CARGAS ESTABLES.

- Por presión
- Por peso propio
- Por contenido
- Por tubería y equipo
- Por soporte



- Térmicas
- Por viento

4.- CARGAS INESTABLES.

- Por prueba hidrostática
- Por sismo
- Montaje
- Por transportación
- Térmica
- Arranque y paro

DISCONTINUIDAD

DILATACION

CRECIMIENTO RADIAL

ANÁLISIS DE DISCONTINUIDAD

CÁLCULOS



DISCONTINUIDAD

Discontinuidad de esfuerzos en recipientes

Las deformaciones diferenciales ocasionadas por los esfuerzos de membrana, de magnitud variable, a través del recipiente, puede también ocasionar flexión en la pared y aún cuando estos esfuerzos flexionantes son locales pueden ser elevados en magnitud.

En la unión cabeza - envolvente, se presente esta discontinuidad debido a que el crecimiento radial en la parte cilíndrica del recipiente no es la misma que en la cabeza cuando el recipiente está presurizado. Esta es la razón por la cual las tapas o cabezas se suministran con una ceja (Sf).

La tendencia de la cabeza elíptica a deformarse hacia adentro en la unión bajo presión, da como resultado una fuerza de corte radial hacia el interior del cuerpo, esta fuerza se opone a la presión interna que actúa en dirección opuesta a la envolvente en la unión.

Para reducir los esfuerzos locales, se pueden tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Incrementar el tamaño de la ceja
2. Cambiar de forma los esfuerzos
3. Incrementar el espesor localmente de la envolvente
4. Adicionar anillos de refuerzo en forma parcial



DEFORMACION EN LA PARTE CILINDRICA

DATOS DE DISEÑO

δc = Dilatación del cuerpo (pulg)

P = Presión de diseño(psi)

Ri = Radio interior del cuerpo(pulg)

E = Modulo de elasticidad del material del cuerpo(ksi)

T = Espesor del cuerpo(pulg)

μ = Modulo de poisson (acero)

DONDE:

$$\delta c = \frac{\frac{PR_i}{2Et}}{2 - \mu} \frac{PR_i}{2Et} / (2 - \mu)$$

P = 163.85 psi

Ri = 104.33 pulg

E = 30x10

μ = 0.3

t = 1.125

$$\delta c = \frac{(163.85)(104.33)(2 - 0.3)}{2(30 \times 10)(1.125)} = 0.449 \text{ pulg}$$

**DILATACIÓN QUE SUFREN LAS TAPAS**

DATOS DE DISEÑO

δe = Dilatación de la tapa (pulg)
P = Presión de diseño(psi)
Ri = Radio interior de la tapa(pulg)
E = Modulo de elasticidad del material
a = Eje mayor de la tapa
b = Eje menor de la tapa
 μ = Modulo de poisson

DONDE :

$$\delta e = PR \left\{ 1 - \left(\frac{a}{2b} \right) - \left(\frac{\mu}{2} \right) \right\} tE$$

P = 163.85 psi
Ri = 104.33 pulg
E = 30x10
 μ = 0.3
a = 104.33 pulg
b = 52.16 pulg

$$\delta e = \frac{(163.85)(104.33)(1 - (104.33/2(52.16)) - (0.3/2))}{(1.125)(30 \times 10)} = -0.06 \text{ pulg}$$

DEFORMACION TOTAL

$$\delta = \delta c - \delta e = 0.0449 - (-0.06) = 0.1049 \text{ pulg}$$



ESFUERZO LONGITUDINAL

$$S = \left(\frac{PR_i}{2t} + \frac{6P}{t^2 8\beta^2} \right) (B\beta x)$$

$$\beta = \frac{1.285}{\sqrt{104.33(1.125)}} = 0.104$$

$$\frac{PR_i}{2t} = \frac{(163.85)(104.33)}{2(1.125)} = 7597.5 \text{ psi}$$

$$\frac{6P}{t^2 8\beta^2} = \frac{6(163.85)}{(1.125)(8)(0.104)^2} = 10099.23 \text{ psi}$$

$$x = 2, 4, 10, 16$$

$$B\beta x = e^{-0.104(2)} \quad \text{Sen } (0.104)(2) = 0.0029$$

$$B\beta x = e^{-0.104(4)} \quad \text{Sen } (0.104)(4) = 0.0047$$

$$B\beta x = e^{-0.104(10)} \quad \text{Sen } (0.104)(10) = 0.0064$$

$$B\beta x = e^{-0.104(16)} \quad \text{Sen } (0.104)(16) = 0.0054$$

$$S = 7597 + (10099.23)(0.0029) = 7626.28$$

$$S = 7597 + (10099.23)(0.0047) = 7644.46$$

$$S = 7597 + (10099.23)(0.0064) = 7661.63$$

$$S = 7597 + (10099.23)(0.0054) = 7651.53$$

ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL

$$S = \frac{PR}{t} + \frac{E y x}{R} + \frac{6\mu Mx}{t}$$

$$\frac{PR}{t} = \frac{(163.85)(104.33)}{(1.125)} = 15195.08$$



$$y = \frac{2P\beta D\beta x}{k}$$

$$k = \frac{E}{R} = \frac{(30 \times 10^2)(1.125)}{(104.33)^2} = 3100.6$$

$$D\beta x = e^{-0.104(2)} \quad \text{Cos}(0.104)(2) = 0.812$$

$$D\beta x = e^{-0.104(4)} \quad \text{Cos}(0.104)(4) = 0.659$$

$$D\beta x = e^{-0.104(10)} \quad \text{Cos}(0.104)(10) = 0.353$$

$$D\beta x = e^{-0.104(16)} \quad \text{Cos}(0.104)(16) = 0.189$$

$$y = (2(163.85)/3100.6) / (0.104)(0.812) = 0.0089$$

$$y = (2(163.85)/3100.6) / (0.104)(0.659) = 0.0072$$

$$y = (2(163.85)/3100.6) / (0.104)(0.353) = 0.0038$$

$$y = (2(163.85)/3100.6) / (0.104)(0.189) = 0.0020$$

$$\frac{E y x}{R} =$$

$$(30 \times 10^6)(0.0089)(2) / 163.85 = 3259$$

$$(30 \times 10^6)(0.0072)(4) / 163.85 = 5273$$

$$(30 \times 10^6)(0.0038)(10) / 163.85 = 6957$$

$$(30 \times 10^6)(0.0020)(16) / 163.85 = 5859$$

$$M = -\frac{2PB D\beta x}{\beta}$$

$$M = -(163.85 / 0.104) (0.0029) = -4.56$$

$$M = -(163.85 / 0.104) (0.0047) = -7.40$$

$$M = -(163.85 / 0.104) (0.0064) = -10.08$$

$$M = -(163.85 / 0.104) (0.0054) = -8.50$$

$$\frac{6\mu Mx}{t}$$

$$6 (0.3)(-4.56)(2) / (1.125) = -14.59$$

$$6 (0.3)(-7.40)(4) / (1.125) = -47.36$$

$$6 (0.3)(-10.08)(10) / (1.125) = -161.28$$

$$6 (0.3)(-8.50)(16) / (1.125) = -217.6$$

CALDERAS
DEL NORTE S.A. DE C.V.



[CODIGO
ASME]

$$S = 15195.08 + 3259 + (-14.59) = 18439.5 \text{ psi}$$

$$S = 15195.08 + 5273 + (-47.36) = 20420 \text{ psi}$$

$$S = 15195.08 + 6957 + (-161.28) = 21990 \text{ psi}$$

$$S = 15195.08 + 5859 + (-217.6) = 20836 \text{ psi}$$