



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“DESARROLLO DE UN SOFTWARE PARA EL
CÁLCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN”

AUTOR

LUIS ALEJANDRO HEREDIA MENDOZA

DIRECTOR

I. Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA

MÉXICO, D.F. 30 NOVIEMBRE DE 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas aquellas personas, amigos, familiares, y profesores que hicieron posible la conclusión de mis estudios en la universidad.

Ya que el esfuerzo no es solo del estudiante, sino de todas aquellas personas que lo rodean, ayudan, y alientan para su formación académica.

Sobre todo agradezco al profesor José Antonio Zamora Plata que dirige el área de cómputo de Ingeniería Química, por haberme asesorado, y resuelto de manera muy acertada todas mis dudas en lo que respecta a la tesis. Y brindarme un panorama más amplio de lo que es la carrera.

Como lo dijo sabiamente Benjamin Franklin, “No hay inversión más rentable que la del conocimiento”

INTRODUCCIÓN

Dado que hoy en día las empresas prefieren diseñar su software para uso personal por cuestiones de ahorro de capacitación de personal y por el pago de licencias del mismo, el software comercial que existe es escaso y muy costoso, por ello, en este trabajo de tesis se establece un programa de cómputo de distribución libre y fácil de utilizar para auxiliar al estudiante de ingeniería en el dimensionamiento de un recipiente a presión. Con la ayuda del programa se pueden ahorrar muchas horas de trabajo simplificando los cálculos, la selección de distintas condiciones de operación y configuraciones.

Para el diseño de equipo es importante contar con los fundamentos de balance de materia y energía, pero también es muy necesario el conocimiento de la normatividad vigente que permitan al estudiante de ingeniería reforzar su aprendizaje al establecer un criterio de diseño que pueda trasladarse de las aulas a la industria sin ningún problema.

Parte de la justificación para realizar una tesis sobre un software para diseñar recipientes se fundamenta en el hecho de que en gran parte la actividad laboral del Ingeniero Químico está ligada con procesos industriales en los cuales es necesario almacenar y procesar grandes cantidades de sustancias químicas. Siendo el recipiente una de las partes de los diferentes equipos de proceso. A través del software se establecen los parámetros de diseño y se pueden comparar las distintas geometrías de tapas a partir de las condiciones de operación y con la ventaja de realizarlo en poco tiempo. Se intenta optimizar el tiempo de los cálculos mediante la implementación del programa de cómputo, y así con esto minimizar los posibles errores en los cálculos que pudieran existir.

En la carrera, al Ingeniero químico se le proporcionan los conocimientos básicos de diseño y cálculo de equipo; entre ellos se mencionan los recipientes a presión, aun con esto, es necesario profundizar en dichos conocimientos y basarse en la unificación de los criterios a través de las normas establecidas que hay para los recipientes. Algunos estudiantes adquieren la habilidad para establecer memorias de cálculo que simplifiquen los pasos para el diseño y cálculo de recipientes a presión.

Los objetivos que se establecen para el desarrollo y culminación de este trabajo son.

OBJETIVOS

- Definir los criterios de selección, características, y tipos de materiales necesarios para el diseño de recipientes.
- Desarrollar un programa de cómputo que permita seleccionar entre el cálculo a presión interna y externa.
- Proponer un caso práctico, y comparar los resultados obtenidos del programa de cómputo.

Para cumplir con estos objetivos se parte de material bibliográfico existente que permita facilitar el desarrollo de un programa codificado en lenguaje de Visual Basic. El material bibliográfico en cuestión es el siguiente.

1. Rogel Ramírez Alejandro. *“Elementos para el diseño de Recipientes a presión”*. U.N.A.M. F.E.S.Zaragoza, Octubre 1998
2. Brownell Lloyd E. *“Process Equipment Design”*. Editorial John Wiley & Sons Editorial Limusa. 1992
3. Ellenberger J. Phillip P.E., Chuse Robert, Carson Bryce E. *“Pressure Vessels The ASME Code Simplified”* McGrawHill Professional Engineering 8ht Edition 2004
4. Ernest E. Ludwig. *“Applied Process Design For Chemical and Petrochemical Plants”*. Volumen 1-3 3a edición, Editorial Gulf Publishing Company.
5. F. Megyesy Eugene. Manual de Recipientes a Presión *“Diseño y Cálculo”*. Pressure Vessel Publishing Inc. 10th Edition. USA 1997.

6. H. Bednar, P.E. Henry. *"Pressure Vessel Design Handbook"*. Krieger Publishing Company. 2nd Edition 1986
7. Kachelhofer Keith. *"Decoding Pressure Vessel Design"*. Magazine Chemical Engineering. Cover Story. June 2010
8. L. Zeman Joseph, Rauscher Franz, Schindler Sebastian. *"Pressure Vessel Handbook"*
9. L. Zeman Joseph, Rauscher Franz, Schindler Sebastian. Vessel Design *"The direct Route"*. Elsevier. USA 2006
10. León Estrada Juan Manuel. *"Diseño y Cálculo de Recipientes a presión"*. Ed. Inglesa
11. M. Ciancio Patricia, L. Godoy María, M. Arrien Luis. *"Recipientes a presión: Evaluación del estado tensional a partir de datos experimentales"*. Mecánica Computacional Vol. XXIII. G. Buscaglia, E. Dari, O. Zamonsky (Eds.) Bariloche, Argentina Noviembre 2004
12. Mejía Rodríguez Albert Gonzalo & Reyes Madrigal Carlos Alberto. *"Memoria, Cálculo, Selección y análisis Numérico de un recipiente a presión de 600 FT³ de capacidad"*. Tesis I.P.N. E.S.I.M.E. Azcapotzalco, México, D.F. Noviembre 2008
13. Norma oficial mexicana: Nom-01272 SEDG-2003 y Nom-020-STPS-2002
14. Ríos Morales Dagoberto, *"Dimensionamiento y Evaluación de costos de un Recipiente para almacenar Hidrogeno a presión"*. Tesis U.N.A.M. F.E.S. Zaragoza, México, D.F. Marzo 2000
15. The American Society of Mechanical Engineering. *"Código ASME Sección VIII División 1, 2 y 3"*. USA, 2001.
16. Zambrano Zapata Carlos Jerry. *"Desarrollo de software para Diseño de Recipientes a presión según el Código ASME"*. Tesis Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica, Ecuador, 1999

ÍNDICE

CAPÍTULO 1	10
REQUERIMIENTOS, CARACTERÍSTICAS Y MATERIALES NECESARIOS	10
1.1 ASPECTOS GENERALES	10
1.2 TIPOS DE RECIPIENTES.....	11
1.2.1 POR SU USO.....	12
1.2.2 POR SU FORMA	12
1.3 CLASIFICACIÓN GENERAL	13
1.3.1 RECIPIENTES MÁS USADOS EN LA INDUSTRIA.....	13
1.3.2 RECIPIENTES DE PROCESO.....	14
1.3.3 RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.....	15
1.3.4 TANQUES ATMOSFÉRICOS	15
1.3.5 RECIPIENTES ABIERTOS.....	15
1.3.6 RECIPIENTES CERRADOS	15
1.3.7 RECIPIENTES CILÍNDRICOS VERTICALES DE FONDO PLANO	15
1.3.8 RECIPIENTES CILÍNDRICOS VERTICALES Y HORIZONTALES CON TAPAS FORMADAS	16
1.3.9 RECIPIENTES ESFÉRICOS	16
1.3.10 RECIPIENTES DE PARED DELGADA Y DOBLE PARED	16
1.3.11 SEPARADORES Y ACUMULADORES	17
1.3.12 SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	17
1.4 MATERIALES	17
1.4.1 CLASIFICACIÓN	17
1.4.2 ESPECIFICACIÓN	18
1.4.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	18
1.4.4 ALEACIONES Y MATERIALES FERROSOS..... ACERO.....	19
1.4.5 ACEROS DE BAJA ALEACIÓN	20
1.4.6 ACEROS MEDIOS AL CARBÓN	20
1.4.7 ACEROS ALTOS EN CARBÓN	20
1.4.8 ACEROS INOXIDABLES	21
1.5 TIPOS DE ESFUERZOS	23

1.5.1 TIPOS DE ESFUERZOS EN RECIPIENTES A PRESIÓN	23
1.5.2 ESFUERZOS EN CASCOS CILÍNDRICOS	23
1.5.3 STRESS (ESFUERZO)	24
1.6 TIPO DE SOLDADURA	25
1.6.1 EFICIENCIA DE JUNTAS SOLDADAS	27
1.7 FACTORES DE CORROSIÓN	28
1.8 OPTIMIZACIÓN	28
1.8.1 VOLÚMEN	28
1.9 LA TEMPERATURA Y PRESIÓN	30
1.9.1 PRESIÓN DE OPERACIÓN	30
1.9.2 PRESIÓN DE DISEÑO	30
1.9.3 PRESIÓN DE PRUEBA	31
1.9.4 PRESIÓN DE TRABAJO MÁXIMA PERMISIBLE	31
1.9.5 TEMPERATURA DE DISEÑO	32
2.0 LA NORMA ASME EN GENERAL PARA RECIPIENTES	32
CAPÍTULO 2	35
CÁLCULO DE ESPESOR Y TAPAS	35
2.1 TIPOS DE TAPAS	35
2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAPAS	35
2.1.2 TAPAS PLANAS	35
2.1.3 TAPAS PLANAS CON CEJA	36
2.1.4 TAPAS ABOMBADAS	36
2.1.5 TAPAS ABOMBADAS CON CEJA INVERTIDA	37
2.1.6 TAPAS TORIESFÉRICAS	37
2.1.7 TAPAS SEMIELÍPTICAS	37
2.1.8 TAPAS SEMIESFÉRICAS	38
2.1.9 TAPAS (80:10)	38
2.1.10 TAPAS CÓNICAS	39
2.1.11 TAPAS TORICÓNICAS	39
CAPÍTULO 3	41
ALGORITMOS PARA EL CÁLCULO EN RECIPIENTES Y CODIGO FUENTE	41
3.1 PRESION INTERNA Y EXTERNA	41

3.1.1 PRESIÓN INTERNA, DISEÑO PARA EL ESPESOR DE LA PARED	41
3.1.2 DISEÑO DE CASQUETES Ó TAPAS	49
3.1.3 TAPA ESFÉRICA.....	49
3.1.4 TAPA ELIPSOIDAL	51
3.1.5 TAPA TORIESFÉRICA	52
3.1.6 TAPA CÓNICA.....	53
3.2 RECIPIENTES HORIZONTALES	54
3.3 RECIPIENTES VERTICALES	55
3.4 EL CODIGO FUENTE.....	56
CAPÍTULO 4	90
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	90
4.1 ANÁLISIS	90
4.2 OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS	91
4.2.1 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA	92
CONCLUSIONES	94
ANEXO 1	96
ANEXO 2	97
ANEXO 3	98
ANEXO 4	99
ANEXO 5	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 “Proceso general para el diseño de recipientes”	11
Figura 2 “Clasificación general de los recipientes”	12
Figura 3 “Clasificación esquemática de los recipientes”	14
Figura 4 “Tabla de materiales”	22
Figura 5 “Esfuerzos de tensión y fórmulas”	24
Figura 6 “Cargas y esfuerzos”	24
Figura 7 “Gráfica para determinar el tamaño optimo del recipiente”	29
Figura 8 “Tapa plana”	36
Figura 9 “Tapa plana con ceja”	36
Figura 10 “Tapa abombada”	36
Figura 11 “Tapa abombada con ceja invertida”	37
Figura 12 “Tapa toriesférica”	37
Figura 13 “Tapa semielíptica”	38

Figura 14 “Tapa semiesferica”	38
Figura 15 “Tapa 80:10”	39
Figura 16 “Tapa cónica”	39
Figura 17 “Tapa toricónica”	40
Figura 18 “Cilindro de pared delgada”	41
Figura 19 “Gráfica de la relación L/D con Do/t a diferentes temperaturas”	43
Figura 20 “Factor A”	44
Figura 21 “Factor B”	45
Figura 22 “Factor B.1”	46
Figura 23 “Factor B.2”	47
Figura 24 “Factor B.3”	48
Figura 25 “Factor B.4”	48
Figura 26 “Tapa esférica”	49
Figura 27 “Gráfica de radio y espesor a diferentes temperaturas sin tanteo” 50	
Figura 28 “Tapa elipsoidal”	51
Figura 29 “Tapa toriesférica”	52
Figura 30 “Tapa cónica”	53
Figura 31 “Casquete cónico vista lateral”	53
Figura 32 “Dimensiones obtenidas”	92
Figura 33 “Ventana de resultados”	92
Figura 34 “Formulas para el cálculo de recipientes sometidos a presión Interna”	96
Figura 35 “Propiedades de algunos materiales de acero al carbón y aceros de baja aleación”	97
Figura 36 “Dimensiones de tubería (Espesor nominal de pared)”	98
Figura 37 “Eficiencia con el tipo de junta”	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 “Tabla de aleación del acero”	20
Tabla 2 “Tabla con las diferentes eficiencias de junta”	27
Tabla 3 “Lista de las ecuaciones de diseño para el espesor y presión”	40
Tabla 4 “Tabla de ejemplo con datos”	91
Tabla 5 “Tabla final de resultados”	94

CAPÍTULO 1

REQUERIMIENTOS, CARACTERÍSTICAS Y MATERIALES NECESARIOS

1.1 ASPECTOS GENERALES

Para la Ingeniería Química, el uso de recipientes en la mayoría de la industria le da una importancia a su estudio, análisis y comprensión. La mayoría de los equipos que operan en los distintos tipos de las industrias son recipientes o parten de la forma de un recipiente pero cada uno cuenta con características especiales diferentes.

Los recipientes comúnmente llamados recipientes a presión, atmosféricos, y a vacío son usados y requeridos en la mayoría de las plantas industriales para almacenamiento y procesos de manufactura. Los calentadores, tambos, intercambiadores de calor, torres, reactores químicos son generalmente de forma cilíndrica.

Para lograr un equilibrio técnico-económico se consideran tres aspectos básicos de gran importancia:

1. Condiciones de proceso (L/D, códigos, normas, etc.)
2. Características de la empresa (Políticas, calificación de operadores, etc.)
3. Fabricante (garantía, calidad del equipo, tiempo y lugar de entrega)

Podemos decir que casi la mayoría de empresas dedicadas a la fabricación de recipientes se basan en el Código ASME Sección VIII, Div 1¹, para su diseño. En la siguiente figura se muestra el proceso general de diseño para recipientes:

¹ The American Society of Mechanical Engineering. "Código ASME Sección VIII División 1, 2 y 3".

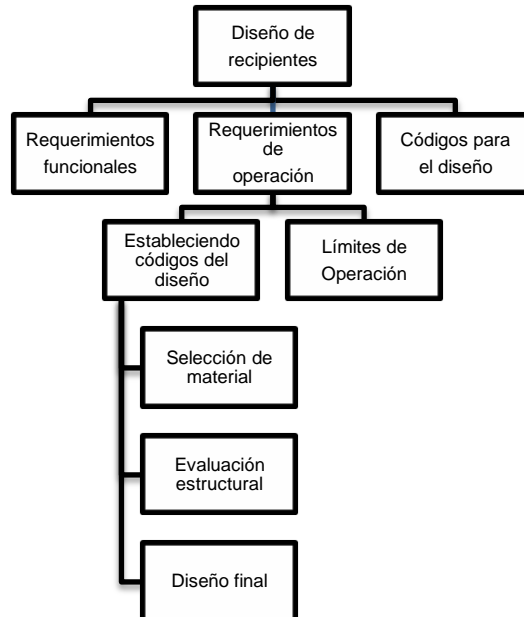


Figura 1 “Proceso general para el diseño de recipientes”

1.2 TIPOS DE RECIPIENTES

Antes que nada debemos definir que es un recipiente. Y este se puede definir como cualquier vasija cerrada capaz de almacenar un fluido a presión manométrica ya sea para un recipiente a presión interna, externa ó atmosférico. En el presente documento nos vamos a referir a los recipientes cilíndricos como recipientes de pared delgada, o recipientes de tipo tubo.

Por otra parte si habláramos de un tanque el concepto cambia un poco. Sería un recipiente con un propósito específico y es un depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a la presión atmosférica o presiones internas muy bajas.

Hay una gran variedad de recipientes, utilizados en las plantas industriales o de proceso; su finalidad primordial es almacenar algún fluido, pero para el diseño correcto del recipiente se debe conocer a detalle las características físicas y químicas del fluido que se almacena.

Si se desea almacenar ácido sulfúrico, los materiales del mismo tendrían que ser muy resistentes y se debería considerar el factor de corrosión, ya que la naturaleza del líquido lo ubica como un ácido fuerte.

Para hacer una clasificación general de los tipos de recipientes que existen, se muestra la siguiente figura.

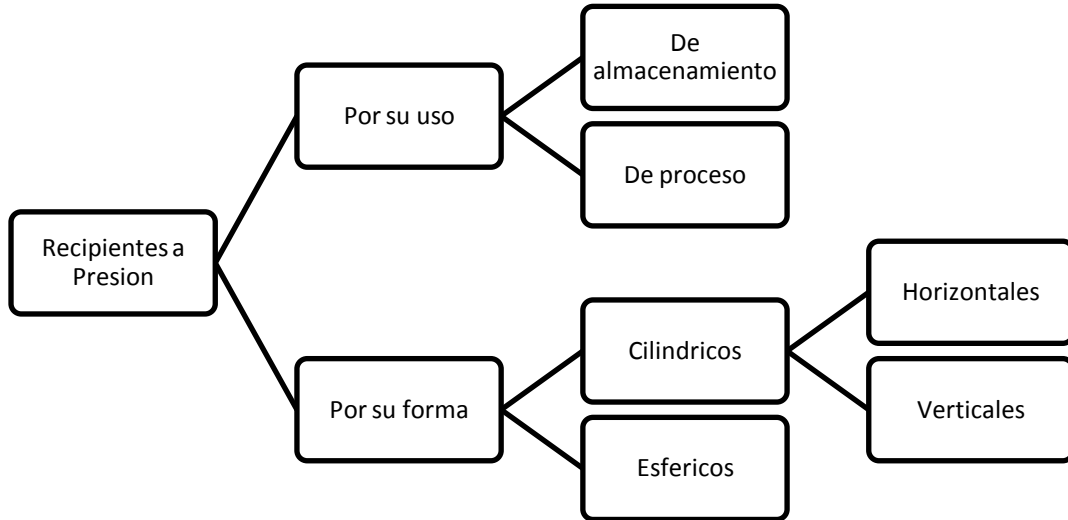


Figura 2 “Clasificación general de los recipientes”

1.2.1 POR SU USO

Se dividen en dos categorías: recipientes de almacenamiento y recipientes de proceso.

Los recipientes de almacenamiento sirven exclusivamente para el almacén de fluidos y dependiendo de su servicio se les conoce como tanques de almacenamiento, acumuladores, etc. Y los recipientes de proceso tienen varios usos, y entre muchos de estos usos podemos mencionar las torres, los reactores, los cambiadores de calor, etc.

1.2.2 POR SU FORMA

Los recipientes pueden ser cilíndricos, ó del tipo esféricos. Los recipientes cilíndricos pueden ser horizontales ó verticales dependiendo de los requerimientos del diseño.

En los recipientes esféricos se usan por lo general tanques de almacenamiento para grandes volúmenes.

Cabe señalar que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al someterles a una presión interna, por consiguiente sería la forma más económica de almacenaje de un fluido a una presión elevada. Aunque su fabricación es más costosa, y la distribución de esfuerzos varía.

1.3 CLASIFICACIÓN GENERAL

1.3.1 RECIPIENTES MÁS USADOS EN LA INDUSTRIA

Haciendo caso omiso a la naturaleza de la aplicación del recipiente, varios factores pueden ser considerados para su diseño. La consideración de mayor importancia suele ser a menudo la selección del tipo de recipiente que ejecuta el servicio requerido en la forma mas óptima.

En el diseño de cualquier recipiente los primeros factores que influyen son:

- La función y localización del recipiente
- La naturaleza del fluido
- Temperatura y presión de operación
- Volumen necesario para el almacén del fluido
- Capacidad para procesar

Los recipientes pueden ser clasificados de acuerdo al servicio, temperatura, y presión de operación, así como también el material de construcción y su geometría.

Ahora bien los tipos más comunes de recipientes se pueden clasificar de acuerdo a su geometría como:

- Recipientes abiertos
- Recipientes cilíndricos verticales de fondo plano
- Recipientes cilíndricos horizontales con cabezas formadas
- Recipientes esféricos

De la clasificación anterior se usan ampliamente los recipientes de almacenamiento y de proceso. Su rango de servicios para los diversos tipos de recipientes se traslapa, y es muy complicado realizar diferentes clasificaciones para todas las aplicaciones.

Algunas generalidades en el uso de los tipos más comunes de recipientes son: Los volúmenes grandes de líquidos no peligrosos tales como: Salmuera y otras soluciones acuosas pueden ser almacenados en tanques de madera, concreto o recipientes abiertos de acero.

Ahora bien si se almacena un fluido tóxico, algún combustible, gas, ó si la presión es mayor a la presión atmosférica, se requiere el uso de un sistema cerrado.

Para almacenar fluidos a presión atmosférica, se utilizan tanques cilíndricos y tapas cónicas. Los recipientes esféricos son empleados para una presión de almacenamiento donde se requieren volúmenes grandes. En el caso de

volúmenes pequeños de baja presión los recipientes cilíndricos con tapas formadas son los más económicos.

1.3.2 RECIPIENTES DE PROCESO

La clasificación de los recipientes de proceso sería de la siguiente manera:

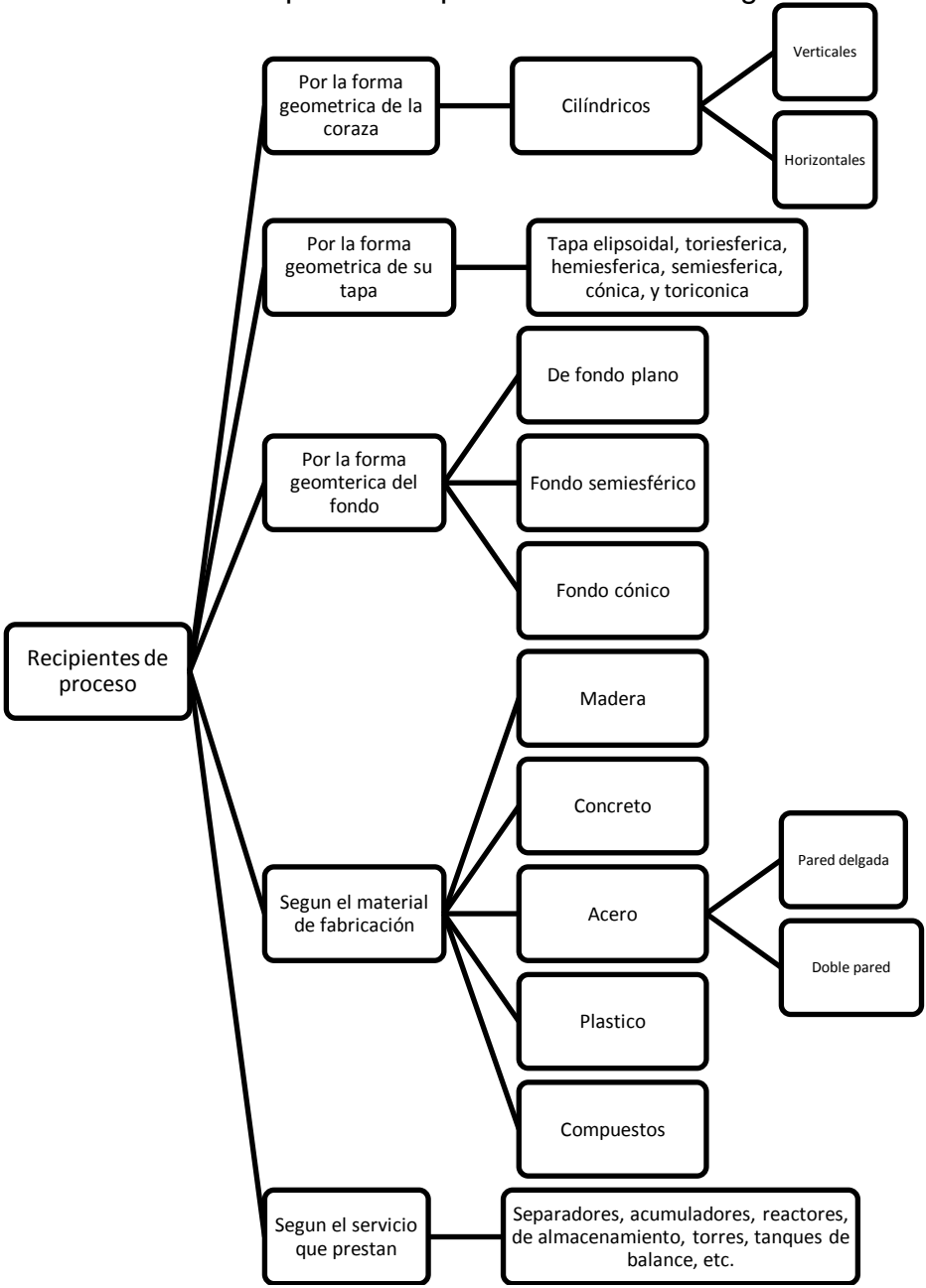


Figura 3 “Clasificación esquemática de los recipientes”

1.3.3 RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO

Pueden ser a presión interna o a presión atmosférica, y pueden ser de la forma cilíndrica u horizontal. Para los esféricos normalmente se usan para almacenar fluidos como lo es la materia prima para un proceso.

1.3.4 TANQUES ATMOSFÉRICOS

Se usan para almacenar sustancias por un periodo no mayor a 30 días. También se toma en cuenta las características del fluido que se almacena, y con esto se decide si es abierto ó cerrado. Las tapas pueden ser de dos tipos:

- Flotantes
- Fijas

Para cuando el tanque está cerrado, las tapas preferentemente que se elijan pueden ser: cónica flotante, cónica plana auto soportada, o con soportes en distintos puntos del recipiente.

1.3.5 RECIPIENTES ABIERTOS

Se utilizan comúnmente como tanques agitadores, recipientes batch, en donde los materiales pueden ser mezclados, como decantadores, de depósito, etc.

Si se decide utilizar este recipiente va a depender de la naturaleza de un fluido y de la operación a realizar.

1.3.6 RECIPIENTES CERRADOS

Son los que comúnmente se usan para el almacén de fluidos, combustible, fluidos con vapores tóxicos, gases, químicos peligrosos como son los ácidos. Por lo cual son los más utilizados en la industria petroquímica.

1.3.7 RECIPIENTES CILÍNDRICOS VERTICALES DE FONDO PLANO

El recipiente cilíndrico es el diseño más económico para un recipiente cerrado, pero para cuando opera a presión atmosférica el más utilizado es el recipiente vertical cilindro con tapa cónica y de fondo plano.

1.3.8 RECIPIENTES CILÍNDRICOS VERTICALES Y HORIZONTALES CON TAPAS FORMADAS

Para los recipientes cilíndricos cerrados con tapas formadas y cuando la presión de vapor del líquido almacenado es alta el diseño requiere cierto cuidado. Una gran variedad se usan para cerrar las tapas de los recipientes cilíndricos.

Las cabezas terminadas incluyen las formas esféricas, elípticas, cónicas, y toricónicas. Y para propósitos especiales las placas planas son usadas para cerrar un recipiente que se encuentra abierto.

Algunos ejemplos de equipo de proceso químico y petroquímico como lo son: columnas de destilación, absorbedores, cambiadores de calor, separadores, etc., son esencialmente recipientes cilíndricos cerrados con distintos tipos de tapas.

1.3.9 RECIPIENTES ESFÉRICOS

Estos recipientes de almacenamiento se usan para guardar volúmenes grandes, a una presión relativamente alta, se fabrican en forma de una esfera. Las capacidades y presiones que se usan en este tipo de tanques varia.

Rangos de capacidad para grandes tanques:

- De 1000 a 25000 bbl² (Barrell, medida estándar para el aceite. Un tanque de 149 litros)
- De 10 a 200 psia³ (para grandes y pequeños recipientes)

Cuando las presiones son muy altas el volumen del gas tiende a reducirse, y el recipiente cilíndrico viene a ser el más adecuado. Pero en el caso de los recipientes esféricos podemos decir que la esfera cuenta con el área mínima de superficie por unidad de volumen.

1.3.10 RECIPIENTES DE PARED DELGADA Y DOBLE PARED

El código ASME Sección VIII, División 2 menciona que cuando el espesor del mismo es menor que la mitad del valor del radio interno, son recipientes de pared delgada. Y para presiones excesivamente altas (10000 a 12000 psia) los recipientes deben de ser de doble pared.

² Barrell, medida estándar para el aceite. Un tanque ó barril de 149 litros.

³ Unidad de presión, expresada en libras sobre pulgada cuadrada, mas la presión atmosférica.

1.3.11 SEPARADORES Y ACUMULADORES

Estos deben ser diseñados sobre la base del volumen mínimo posible y esto debe de ir de acuerdo a una razonable flexibilidad de operación.

1.3.12 SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO

Para estos recipientes se contemplan dos funciones principalmente. La primer función es el de separar el vapor del líquido, y su función secundaria es el de coleccionar líquido.

En su diseño el principio básico es la de proveer una velocidad baja para lograr la separación optima del vapor y del liquido.

1.4 MATERIALES

1.4.1 CLASIFICACIÓN

Se clasifican en tres grandes grupos los materiales.

- a) Metales: Normalmente los materiales metálicos son combinaciones de elementos de varios metales, tienen un gran número de electrones des-localizados que no pertenecen a ningún átomo en concreto. La mayoría de las propiedades de los metales conducen perfectamente la electricidad, calor y son opacos a la luz visible, y la superficie metálica tiene una apariencia lustrosa. Tienen gran resistencia aunque también sufren deformaciones lo que contribuye a su aplicación en estructuras.
- b) Cerámicas: El grupo de las cerámicas pertenecen a los compuestos químicos constituidos por metales y no metales (óxidos, nitruros y carburos), e incluyen minerales de arcilla, cemento y vidrio. Por lo general son materiales aislantes eléctricos, y térmicos, que a elevada temperatura y ambiente agresivo son más resistentes que los metales y polímeros. Mecánicamente las cerámicas son duras.
- c) Polímeros: comprenden materiales que van desde los plásticos hasta el caucho. Se trata de compuestos basados en el carbono, hidrogeno, y otros elementos no metálicos. Se caracterizan por la gran longitud de las estructuras moleculares, también poseen densidades bajas y extraordinaria flexibilidad.

1.4.2 ESPECIFICACIÓN

Los materiales usados para el diseño y la fabricación de recipientes a presión están regidos por leyes y normas internacionales.

En el código ASME Sección VIII, División 2 dedica toda esta sección a los materiales para la construcción de recipientes a presión. La sección VIII además de proporcionar una lista de todos los materiales que pueden emplearse para el diseño y fabricación de recipientes a presión no sometidos a fuego directo, se agrega el valor de los esfuerzos máximos permisibles a diferentes temperaturas.

Después se muestran las tablas más comunes usadas para los diferentes materiales:

- UCS (aceros al carbón y de baja aleación)
- UNF (materiales no ferrosos)
- UHA (aceros de alta aleación)
- UCI (fierro fundido)
- UCL (aceros de placa)
- CLAD (recubrimientos anticorrosivos)
- UCD (aceros dúctiles)
- UHT (aceros ferríticos)

Las placas de acero al carbón se utilizan en la mayoría de los casos donde las condiciones de servicio lo permiten debido a su bajo costo y mayor disposición. Estos aceros son fabricados para poder ser soldados por fusión y cortados por medio de oxígeno, esto teniendo en cuenta si el contenido de carbono no excede el 0.35%.

Uno de los aceros más empleados en la construcción de recipientes a presión es el SA-285⁴ de grado "C", este acero es muy dúctil, y fácil de formar, soldar y maquinar. También es un acero económico, así como de amplia existencia en el mercado.

1.4.3 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los requerimientos a ser considerados son los siguientes:

- Propiedades (corrosión, mecánicas, físicas)
- Fabricación (facilidad)

⁴ Acero al carbón, de composición carbono-silicio (30-55), muy usado en recipientes.

- Compatibilidad con el equipo ya existente
- Mantenimiento
- Especificaciones de riesgo
- Consideraciones de selección
- Expectativas de vida de las plantas de proceso
- Vida estimada de servicio del material
- Seguridad
- Costos del material

1.4.4 ALEACIONES Y MATERIALES FERROSOS ACERO

El acero es una aleación de hierro-carbono con concentraciones apreciables de otros elementos. Existen miles de aceros que tienen otras composiciones y tratamientos térmicos. Las propiedades mecánicas dependen del contenido de carbono que suele ser inferior al 1%. Los aceros que son más conocidos se clasifican según el contenido de carbono ya sea bajo, medio o alto. Además en cada grupo existen subclases de acuerdo con otros elementos de aleación. Los aceros al carbón solo contienen concentraciones residuales de impurezas distintas al carbono. El acero al carbón es el más difundido y común, barato y aplicable de los metales que se pueden emplear en la industria.

Cuentan con una ductilidad excelente lo que permite que se utilicen en muchas operaciones de formado en frío, y permite al acero soldarlo con facilidad.

Los grados de acero que son empleados normalmente en la industria de procesos tienen una resistencia a la tracción dentro del nivel de 345 a 485Mpa⁵ con buena ductilidad.

Ahora que el acero al carbón, es el material de empleo más común en las plantas de proceso, muy a pesar que tienen una resistencia a la corrosión limitada en cierto grado. Se utiliza de manera habitual con la mayor parte de los compuestos químicos orgánicos y con soluciones acuosas neutras ó básicas a temperaturas elevadas.

⁵ Unidad de presión, expresada como 10⁶ pascales.

1.4.5 ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

Estos aceros contienen uno o más agentes de aleación para mejorar las propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión. Un grado usual de aleación contiene:

Grado	%
0.40 (C)	0.40
0.70 (Mn)	0.70
1.85 (Ni)	1.85
0.80 (Cr)	0.80
0.25 (Mo)	0.25

Tabla 1 "Tabla de aleación del acero"

También se utilizan otros muchos agentes de aleación para producir un número grande de productos. El níquel mejora las propiedades a bajas temperaturas y la resistencia a la corrosión. Tanto el cromo como el silicio mejoran la dureza, y la resistencia a la abrasión, la resistencia a la corrosión y a la oxidación. El molibdeno proporciona resistencia a temperaturas elevadas.

1.4.6 ACEROS MEDIOS AL CARBÓN

Estos cuentan con un porcentaje comprendido entre 0.25 y 0.6% de carbón. Estos aceros pueden ser tratados térmicamente para la mejora de sus propiedades. Son más resistentes que los aceros bajos en carbón, pero con menor ductilidad. Se usan para fabricar ruedas, rieles de tren, engranes, etc.

1.4.7 ACEROS ALTOS EN CARBÓN

Los aceros altos en carbono tienen entre: 0,60% y 1,4% de carbono en peso. Son aún más resistentes, pero también menos dúctiles. Se añaden otros elementos para que formen carburos, por ejemplo, con wolframio se forma el carburo de wolframio⁶, carburos que son muy duros. Estos aceros se emplean principalmente en herramientas.

⁶ Compuesto cerámico que pertenece al grupo de los carburos, Se utiliza fundamentalmente, debido a su elevada dureza, en la fabricación de maquinarias y utensilios para trabajar el acero.

1.4.8 ACEROS INOXIDABLES

Existen más de 70 tipos estándares de aceros inoxidable. En general todos tienen como base el hierro con 12 a 30% de cromo, 0 a 22% de níquel y cantidades mucho menores de carbono entre otros. Estas aleaciones son muy populares en las industrias de proceso ya que son resistentes al calor, a la corrosión, no contaminantes y de fabricación sencilla. Hay básicamente tres tipos de aleaciones inoxidable:

- 1) Aleaciones martenísticas
- 2) Aceros inoxidable férricos
- 3) Aceros inoxidable austénicos

TABLA DE MATERIALES CON SU ESFUERZO A LA TENSIÓN
EXPRESADO EN (lb/in²)

		PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES DE ACERO AL CARBON Y ACEROS DE BAJA ALEACION								NORMAS	
ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE DE DISEÑO A LA TENSION EN 1,000 PSI											
ESPECIFICACION DEL MATERIAL		CUANDO LA TEMPERATURA DE DISEÑO NO EXCEDE DE: °F									
NUMERO	GRADO	-20 A 650	700	750	800	850	900	950	1050		
SA-283	C	12.7	---	---	---	---	---	---	---		
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5				
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5		
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5		
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5		
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5		
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5		
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5		
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5		
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5		
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5		
SA-181	I	15.00	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5		
SA-350	LF1	15.0	---	---	---	---	---	---	---		
	LF2	17.5	---	---	---	---	---	---	---		
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	---	---		
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5		
SA-193	B7<2-1/2"	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5		
SA-194	2H	---	---	---	---	---	---	---	---		
SA-307	B	---	---	---	---	---	---	---	---		

Figura 4 "Tabla de materiales"

1.5 TIPOS DE ESFUERZOS

1.5.1 TIPOS DE ESFUERZOS EN RECIPIENTES A PRESIÓN

Todos los recipientes que operan a presión están sujetos a una gran variedad de cargas y éstas causan esfuerzos variados de diferentes intensidades en los componentes del recipiente.

Cargas

- Presión interna ó presión externa
- Peso del recipiente y su contenido
- Reacciones estáticas del equipo auxiliar, tubería, revestimiento, apoyos, etc.
- Reacciones cíclicas y dinámicas causadas por la presión ó variación térmica.
- Presión del viento
- Fuerzas sísmicas
- Reacciones por impacto
- Gradiente de temperatura y expansión térmica diferencial

Esfuerzos

- Esfuerzo a la tensión
- Esfuerzo longitudinal a la compresión
- Esfuerzo primario general de membrana inducido por cualquier combinación de cargas
- Esfuerzo primario de membrana inducido por combinación de sismos o la presión del viento con otras cargas.

1.5.2 ESFUERZOS EN CASCOS CILÍNDRICOS

Gracias a la presión uniforme de todo el recipiente ya sea interna o externa, esto lleva a que en la costura longitudinal haya un esfuerzo unitario igual al doble del que tiene la costura circunferencial, por su geometría del cilindro mismo.

Cuando existen otras fuerzas que se ejercen sobre el cilindro como (sísmicas, de viento etc.), no son de relevancia porque cuando un recipiente que está sujeto a una presión externa solo se toma en cuenta la deformación circunferencial.

Esfuerzos a la tensión por la presión externa, y presión interna:

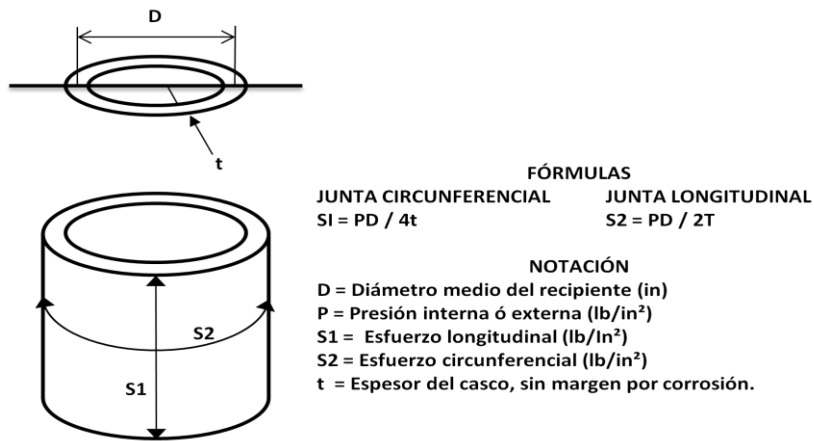


Figura 5 “Esfuerzos de tensión y fórmulas”

1.5.3 STRESS (ESFUERZO)

Normalmente el recipiente a presión está sujeto a diferentes cargas, que causan diferentes tipos de esfuerzos de distintas intensidades, en los componentes del recipiente.

Dependiendo del tipo e intensidad de los esfuerzos es función de la naturaleza de las cargas, la geometría respectiva del recipiente y de la construcción del mismo.

A continuación se muestra una tabla generalizada con las cargas, esfuerzos y esfuerzo máximo permisible.

CARGAS	ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE
a. Presión interna o externa	Sa
b. Peso del recipiente y su contenido	El mas pequeño de Sa o el valor del factor B
c. Reacciones estáticas del equipo auxiliar, tubería, revestimiento, aislamiento, piezas internas, apoyos.	determinado mediante el procedimiento descrito en la norma UG 23.
d. Reacciones cíclicas y dinámicas debidas a la presión o las variaciones térmicas	Sa
e. Presión del viento y fuerzas sísmicas.	1.5 Sa
f. Reacciones por impacto debido a choque hidráulico.	1.2 veces el esfuerzo permitido en a, b ó c, si la temperatura del metal no sobrepasa:
g. Gradientes de temperatura y expansión térmica diferencial.	<ul style="list-style-type: none"> • 700°F para el acero al carbón y el acero con bajo contenido de elementos de aleación. • 800°F para el acero (inoxidable) con alto contenido de elementos de aleación.
ESFUERZOS	
a. Esfuerzo a la tensión.	
b. Esfuerzo longitudinal a la compresión.	
c. Esfuerzo primario general de membrana inducido por cualquier combinación de cargas. Esfuerzo primario de membrana mas esfuerzo primario de flexión inducido por combinación de cargas.	
d. Esfuerzo primario general de membrana inducido por la combinación de sismos o de la presión del viento con otras cargas.	

Figura 6 “Cargas y esfuerzos”

Cabe mencionar que en el código ASME Sección VIII, Div.1 y 2 existe una clasificación para los distintos tipos de esfuerzos, de acuerdo con sus cargas, lo que las causa, su distribución, y su localización. La división 2 establece diferentes intensidades de esfuerzos.

Las tres categorías se dividen en básicamente; la primaria, secundaria y el punto más alto de un esfuerzo.

1.6 TIPO DE SOLDADURA

El código ASME⁷ tiene una serie de reglas las cuales especifican las eficiencias de las juntas con o sin revelado de esfuerzos y radiografiado total. Con estas reglas el diseñador puede seleccionar el tipo de junta soldada que debe usar.

Todas las juntas de un recipiente que contengan sustancias letales, tóxicas ó peligrosas para la salud o vida cuando son inhalados, deberán llevar consigo las juntas soldadas a tope tipo, doble ó su equivalente además de ser radiografiadas totalmente y en el caso que estén fabricadas con acero al carbón o un acero de baja aleación se llevara a cabo el revelado de esfuerzos.

Este mismo tipo de juntas se utiliza para soldar recipientes que trabajan alrededor de una temperatura de 29°C. Los tipos de juntas permisibles en soldadura de arco como la de gas son las siguientes:

- a) Juntas a tope tipo doble
- b) Juntas a tope tipo simple con esfuerzo
- c) Juntas a traslape
- d) Juntas a traslape simple con tapón de soldadura
- e) Juntas a traslape simple sin tapón de soldadura

Procedimientos de soldadura que se pueden utilizar para construir recipientes a presión.

- a) Soldadura de arco
- b) Soldadura de gas

Las soldaduras de arco o de gas están limitadas a lo siguiente:

- 1) Arco de carbón protegido
- 2) Arco de metal protegido
- 3) Arco sumergido

⁷ En la sección IX, especifican los requisitos de Soldadura (Welding Qualifications).

- 4) Arco de metal en gas inerte
- 5) Arco de metal en hidrogeno atómico
- 6) Oxi-acetileno
- 7) Soldadura de arco de carbón protegido

La elección del tipo de soldadura para el empleo de un determinado trabajo depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- a) Calidad y resistencia del acero a soldar
- b) El procedimiento más adecuado de soldado
- c) Tipo y trabajo a realizar en la obra

1.6.1 EFICIENCIA DE JUNTAS SOLDADAS

Se expresa como un porcentaje en forma decimal y se utiliza en el diseño de juntas como un factor por el que hay que multiplicar el esfuerzo máximo permisible, para obtener el esfuerzo apropiado permisible.

Tipos de juntas soldadas

TIPOS NORMA UW-12⁸	EFICIENCIA DE LA JUNTA		
UW-12	Radiografiada totalmente	Examinada por zonas	No examinada
Juntas a tope hechas por doble cordón o por otro medio con el que se obtiene la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza	1		
Juntas a tope de un solo cordón con tira de respaldo	0.9	0.8	0.65
Juntas a tope de un solo cordón sin tira de respaldo	---	---	0.6
Juntas a traslape de doble filete completo	---	---	0.55
Juntas a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón	---	---	0.5
Juntas a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón	---	---	0.45

Tabla 2 “Tabla con las diferentes eficiencias de junta”

⁸ En el Código ASME, en la parte UW, se especifican las eficiencias para las juntas.

1.7 FACTORES DE CORROSIÓN

La corrosión es un desgaste no deseado del material, ya sea por la reacción química del fluido, y el material con el cual está construido y el contacto entre los mismos. El usuario debe también contemplar el valor máximo permitido de corrosión.

El tiempo de vida deseado para un recipiente, es una cuestión económica, ya que recipientes mayores están diseñados para 15 a 20 años de operación, mientras que los recipientes menores tienen un periodo de tiempo menor (8-10 años).

En la actualidad existen diferentes métodos para medir la corrosión, pero la manera más sencilla de medición de la corrosión esta en el Código UG-25⁹.

Al cálculo de los recipientes se le agrega casi siempre un factor de sobre espesor por Corrosión, esto debido al tipo de sustancia y ambiente corrosivo, para alargar el tiempo de vida del recipiente.

El sobre espesor por corrosión que va a especificar el usuario se debe incluir en el cuerpo, fondo, techo y estructura, y solo se agrega al final del cálculo de cada uno de los elementos del recipiente, esto es debido a que la agresividad química no es lo mismo para el fluido en el estado liquido, o el gaseoso.

1.8 OPTIMIZACIÓN

1.8.1 VOLÚMEN

No siempre se cuenta con toda la información para el diseño, en este caso, se pueden tomar dos alternativas.

- 1) Cuando no se cuenta con el diámetro y la longitud.

Y por consiguiente solo se tiene el volumen, entonces se toma el factor F.

$$F = \frac{P}{CSE}$$

En donde:

P = Presión (psi¹⁰)

C = Corrosión

S = Valor del esfuerzo del material (lb/in²)

E = Eficiencia de la junta soldada

⁹ En el Código ASME parte UG-25, se especifican los valores de tolerancia por corrosión.

¹⁰ Unidad de presión, expresada en libras sobre pulgada cuadrada.

Ya con el valor de F y conociendo el volumen, se determina el valor del diámetro mas optimo de la figura 7. Por último conociendo el diámetro y volumen se puede determinar la longitud con:

$$L = \frac{4V}{\pi D^2}$$

En donde:

V = Volumen (in³)

D = Diámetro (in)

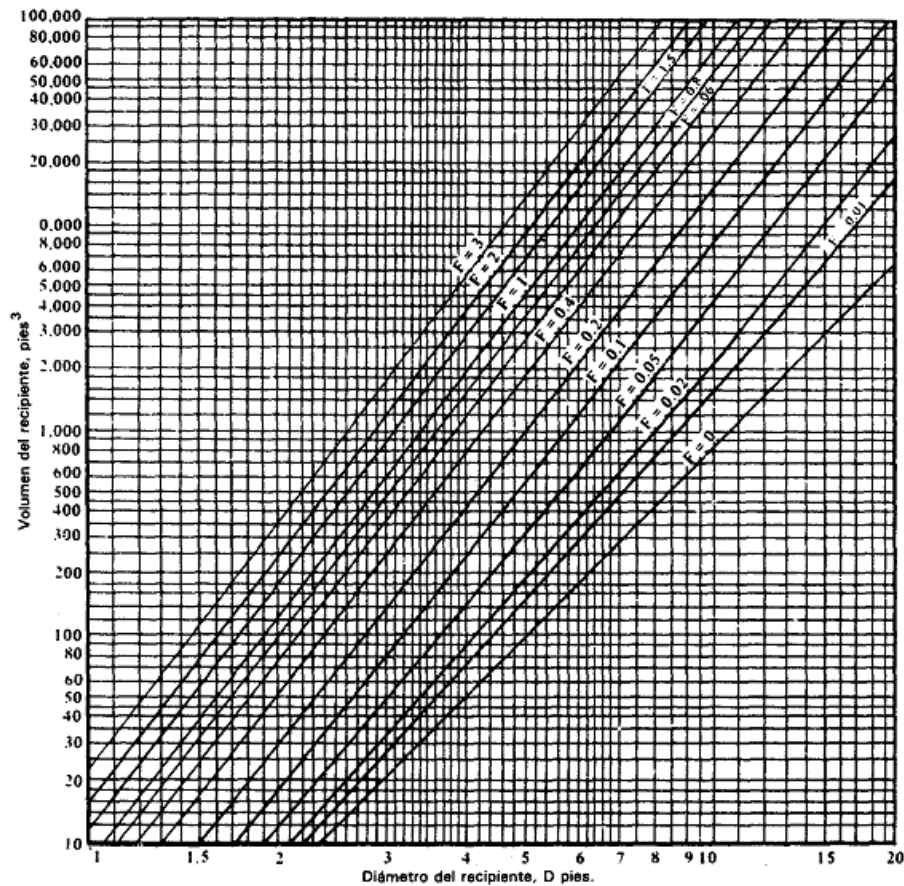


Figura 7 "Gráfica para determinar el tamaño óptimo del recipiente"

2) Si se conoce la longitud y el diámetro.

Ahora si el caso es que en la optimización se consideran solo dos dimensiones: longitud y diámetro, del cuerpo cilíndrico, asociado con el volumen y el tiempo de retención.

Se obtiene la relación L/D ¹¹, que va desde 2 hasta 5, para los diferentes tipos de tapas.

Se toman las siguientes consideraciones.

- a) El volumen normal de operación= 90% del volumen total de recipiente.
- b) Se manejan las dimensiones comerciales de diámetros para las tapas más comunes.
- c) Relación L/D de 2 a 5.
- d) EL volumen del Recipiente es igual al volumen del cuerpo cilíndrico mas el volumen de las dos tapas:

$$V_{TOTAL} = V_{CILINDRO} + 2V_{TAPA}$$

1.9 LA TEMPERATURA Y PRESIÓN

1.9.1 PRESIÓN DE OPERACIÓN

Para definir estos criterios existen dos tipos de presiones de operación; la primera es para recipientes de presión interna y la segunda es para recipientes que operan a presión externa.

En la presión interna o de vacío el recipiente es una vasija cerrada y deben de analizarse las diferentes deformaciones que puede tener ya sea por carga sísmica, viento, etc. La presión para los fluidos almacenados que se toma en cuenta es la manométrica¹². Mientras que en la presión externa la principal presión que se ejerce sobre el recipiente es la atmosférica, ya que el recipiente se encuentra expuesto a la atmósfera.

La presión de operación es la presión de trabajo, y se considera en términos generales la presión manométrica a la cual trabaja el recipiente en condiciones normales. El subíndice con el cual es identificado comúnmente es P_o , y sus unidades están en(bar¹³ o MPa).

1.9.2 PRESIÓN DE DISEÑO

Esta presión es la presión manométrica base que se usa para el diseño del recipiente. Según el Código ASME Sección VIII, División 2 para la presión externa los recipientes que trabajen a 15 lb/in² ó menores, deben diseñarse para una presión externa máxima permisible de 15 lb/in² o 25% más que la presión externa máxima posible. Estos valores los indica la Norma UG-28¹⁴.

¹¹ Relación adimensional que divide la longitud entre el diámetro.

¹² La presión manométrica es la diferencia entre la presión absoluta y la atmosférica.

¹³ Unidad de presión equivalente aproximadamente a 1 atmosfera.

¹⁴ Código ASME parte UG-28, que trata acerca del espesor de recipientes sometidos a presión externa.

Pero en el caso de la presión interna si el recipiente trabajara a una temperatura por debajo de los -20°F, debe determinarse la presión según la norma UCS-66¹⁵ (c) (2) o la UHA-51¹⁶ (b) para evitarse las pruebas por impacto.

Los siguientes valores se usan para la presión de diseño:

$$\begin{array}{ll} \text{Si } P_o > 300 \text{ lb/in}^2 & \text{Si } P_o \leq 300 \text{ lb/in}^2 \\ P = 1.1 \times P_o & P = P_o + 30 \text{ lb/in}^2 \end{array}$$

Siempre se recomienda dejar un margen del 10 al 15% mayor que el de la presión de operación.

1.9.3 PRESIÓN DE PRUEBA

El valor de la presión de prueba corresponde al valor de la presión manométrica, y sirve para cuando se realizan pruebas hidrostáticas y neumáticas. La ecuación para el cálculo en prueba hidrostática es la siguiente:

$$P_p = P(1.5) \text{ Sta/Std}$$

En donde:

P = Presión de Diseño

Sta = Esfuerzo a la tensión del material a temperatura ambiente

Std = Esfuerzo a la tensión del material a temperatura de diseño

En las prueba neumática debe de sobrepasar con muy poco la presión de operación, el código ASME Sección V¹⁷, recomienda que la presión de prueba neumática sea como máximo 1.25 veces la máxima presión de trabajo permisible, y no se recomienda efectuarla en recipientes usados.

Cabe señalar que cualquiera de las dos pruebas se debe realizar a una presión no menor de 1 ½ la diferencia entre la presión atmosférica normal, y la presión interna mínima de diseño.

1.9.4 PRESIÓN DE TRABAJO MÁXIMA PERMISIBLE

Esta es la presión máxima de la que se puede someter a un recipiente en condiciones de operación. Si el recipiente se encuentra con las siguientes características:

¹⁵ Código ASME parte UCS-66, que trata de los materiales que operan a bajas temperaturas de operación.

¹⁶ Código ASME parte UHA-51, que trata de pruebas de inspección por impacto.

¹⁷ En el Código ASME, sección V refiere las pruebas no destructivas a los recipientes.

1. Condiciones después de sufrir corrosión
2. Bajo los efectos de la temperatura de diseño
3. En posición normal de operación
4. Bajo distintas cargas como pueden ser: de viento, presión hidrostática.

Esta presión se suele limitar por la resistencia del cuerpo o tapas, y no por elementos pequeños como los son las bridas, boquillas, etc.

1.9.5 TEMPERATURA DE DISEÑO

Es la temperatura seleccionada resultado de la derivación del cálculo de la temperatura para cada componente. Se puede resumir que en la mayoría de los recipientes estándar la temperatura de diseño es la máxima temperatura a la cual puede operar un fluido mayor a 50°F, esto como un margen de seguridad, o en temperaturas bajas, sería la menor temperatura a la cual puede operar un fluido -20°F, si está diseñado para operar a bajas temperaturas.

2.0 LA NORMA ASME EN GENERAL PARA RECIPIENTES

Los ingenieros químicos que diseñan ó especifican recipientes a presión deben conocer las normas que se utilizan, y consultar las ediciones más recientes de los códigos.

El código ASME es una norma nacional de los Estados Unidos de América y está integrado por 11 secciones que son las siguientes:

- Calderas de Potencia
- Especificaciones de materiales (tres partes)
- Componentes de plantas de energía nuclear
- Calderas de calefacción
- Exámenes no destructivos
- Reglas recomendadas para el cuidado y funcionamiento de calderas de calefacción
- Reglas recomendadas para el cuidado de calderas de potencia
- Recipientes a presión, división 1
- Recipientes a presión, división 2, reglas alternativas
- Condiciones de soldadura
- Recipientes a presión de plástico reforzados con fibra de vidrio
- Reglas para la inspección en servicio de componentes de plantas nucleoelectricas

El código ASME , Sección VIII, División 1, la mayor parte de los recipientes a presión que se utilizan en la industria de procesos en Estados Unidos se construyen y diseñan de acuerdo a este código. Esta división abarca tres subsecciones y tienen varios apéndices.

Introducción: Contiene el alcance de la división y define las responsabilidades del usuario, el fabricante y el inspector. En el alcance se cubren muchas otras exclusiones menos básicas y puesto que el alcance es revisado periódicamente, excepto para los casos muy obvios es conveniente revisar las disposiciones en vigor antes de especificar o diseñar recipientes a presión. Cualquier recipiente que cumpla con los requisitos de esta división puede ser sellado con el símbolo U del código, aunque se piense que está exento de dicho sellado.

Subsección A: Aquí se encuentran los requisitos generales aplicables a todos los materiales y métodos de construcción. Aquí se definen la temperatura y presión de diseño y se especifican las cargas consideradas en el diseño mismo.

Para la falla por esfuerzo y elasticidad, esta sección del código aplica la teoría del esfuerzo máximo de falla como el criterio para esta determinación.

Esta subsección se refiere a las tablas de la división donde son tabulados los valores del esfuerzo de tensión máxima permisibles.

Se proporcionan tanto reglas como formulas de diseño a presión interna para cuerpos esféricos y cilíndricos, así como para tapas elipsoidales, toriesféricas, semisféricas y cónicas.

También se mencionan las juntas longitudinales, fallas por presión externa de los cuerpos, tolerancias de fabricación, requisitos de pruebas para inspección, etc.

Subsección B: Contiene reglas concernientes a los métodos de fabricación de recipientes a presión. La parte UW es aplicable a recipientes soldados. Se definen restricciones de servicio. También incluyen reglas de diseño de juntas soldadas, y el grado de radiografía, con eficiencia para las juntas soldadas especificadas como función de la calidad de la junta o unión.

Subsección C: Contiene requisitos concernientes a las clases de materiales. Los aceros al carbón y de baja aleación se rigen por la parte UCS, los materiales ferrosos por la UNF, los aceros de alta aleación por la UHA, y los aceros con propiedades de tensión mejoradas por tratamiento térmico, por la parte UHT. Cada una de estas partes incluye tabal de valores de esfuerzos máximos permisibles para todos los materiales del código en un intervalo de temperaturas del metal. Estos valores de esfuerzo incluyen factores

apropiados de seguridad. Las reglas que rigen la aplicación, fabricación y tratamiento térmico de los recipientes se incluyen en cada parte.

Apéndices obligatorios: Incluyen una sección de formulas de diseño complementarias para cuerpos no incluidas en la subsección A. Se proporcionan formulas para cuerpos gruesos y cubiertas cóncavas. Otro apéndice proporciona reglas específicas, formulas y graficas para el diseño de conexiones de bridas con pernos. Otro apéndice incluye solo graficas que se utilizan en el cálculo de los cuerpos para las presiones externas. Y otro se refiere al control de calidad e inspección.

Apéndices no obligatorios: Tratan sobre cierto número de temas sugeridos, principalmente para entender el código y diseñar con el código.

CAPÍTULO 2

CÁLCULO DE ESPESOR Y TAPAS

2.1 TIPOS DE TAPAS

2.1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TAPAS

Para cerrar un recipiente de forma cilíndrica, existen diversos tipos de tapas dependiendo de la necesidad del recipiente. A continuación se mencionan los diferentes tipos de tapas.

- Tapas planas
- Tapas planas con ceja
- Tapas abombadas
- Tapas abombadas con ceja invertida
- Tapas toriesféricas
- Tapas semielípticas
- Tapas semiesféricas
- Tapas 80:10
- Tapas cónicas
- Tapas toricónicas

2.1.2 TAPAS PLANAS

Se utiliza principalmente para cerrar tanques sujetos a presión atmosférica, o en algún caso, un recipiente a presión manométrica muy baja. El costo de tapa es el más bajo.

Recomendaciones de Uso:

- 1) 1.- Recipientes con diámetro menor de 4 ft (48 in) y presiones de 10 lb/in².
- 2) 2.- Recipientes con diámetro de 4 a 10 ft, mientras la presión no sea mayor a 2 lb/in².
- 3) 3) Recipientes con diámetro mayor de 10 ft, no son recomendados, porque al calcular el espesor se obtienen valores demasiado grandes.

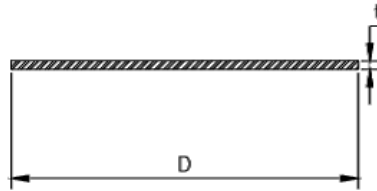


Figura 8 “Tapa plana”

2.1.3 TAPAS PLANAS CON CEJA

También se utilizan en general para presiones atmosféricas, con un costo relativamente bajo, y su límite dimensional es aproximadamente de 6 metros de diámetro máximo.

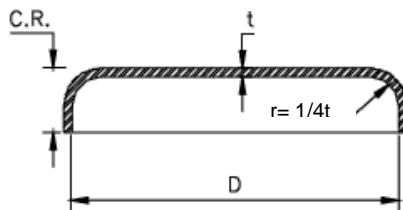


Figura 9 “Tapa plana con ceja”

2.1.4 TAPAS ABOMBADAS

Se emplean para recipientes a presión atmosférica baja, también su costo es bajo, pero por otro lado si se utiliza para presiones altas, se necesita analizar la concentración de esfuerzos que surge al realizar un cambio de dirección.

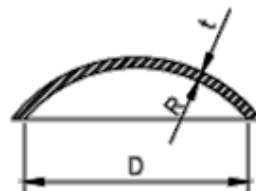


Figura 10 “Tapa abombada”

2.1.5 TAPAS ABOMBADAS CON CEJA INVERTIDA

Es de uso muy limitado, casi no se utilizan, por su alto costo, y se emplean sobre pedido en casos muy especiales donde el recipiente requiera la forma de la ceja invertida.

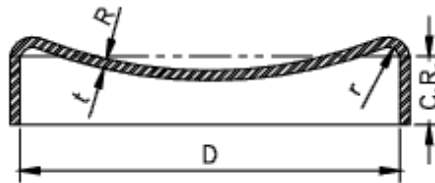


Figura 11 “Tapa abombada con ceja invertida”

2.1.6 TAPAS TORIESFÉRICAS

Estas tapas son las más usadas en la industria, por su bajo costo, y el hecho de que soportan altos valores de presión manométrica (de 15 a 200 lb/in²). Los límites pueden ser flexibles, y quedan determinados por diferentes factores como el costo del material, formación, construcción de la tapa, etc.). En las tapas toriesféricas el radio de abombado es aproximadamente igual al diámetro. Normalmente se fabrican en diámetros desde 0.3 hasta 6 metros.

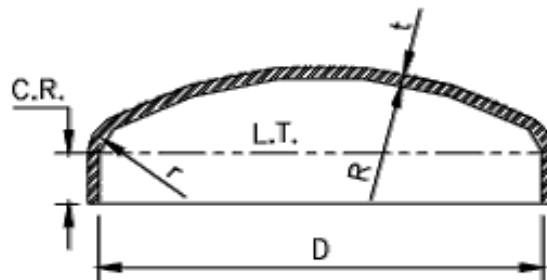


Figura 12 “Tapa toriesférica”

2.1.7 TAPAS SEMIELÍPTICAS

Se emplean cuando el espesor que se calcula es alto, y esto se debe a que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las tapas

toriesféricas. Tienen un costo alto, y su silueta describe una elipse de relación 2:1.

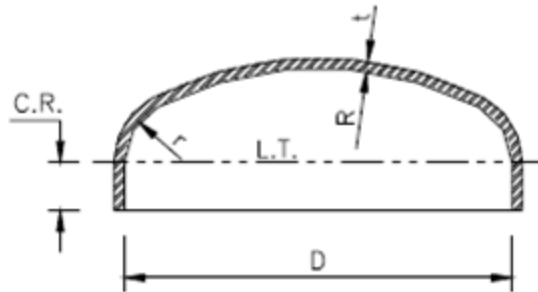


Figura 13 “Tapa semielíptica”

2.1.8 TAPAS SEMIESFÉRICAS

Son utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas. Y como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, pero su costo es alto, y no hay límite dimensional para la fabricación de este tipo de tapas.

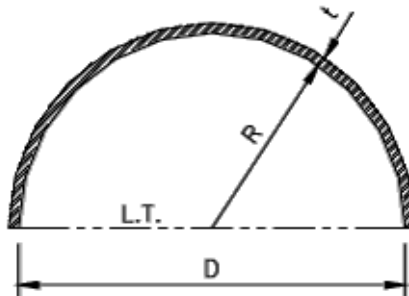


Figura 14 “Tapa semiesférica”

2.1.9 TAPAS (80:10)

Este tipo de tapas se fabrican en México ya que en el país no tiene prensas grandes para troquelar tapas semielípticas 2:1¹⁸ de grandes dimensiones, y se ha optado por fabricar este tipo de tapas, con las siguientes características:

¹⁸ Relación 2 a 1, la longitud debe ser el doble que el diámetro del recipiente.

El radio de abombado es el 80% del diámetro, y el radio de la esquina es igual al 10% del diámetro.

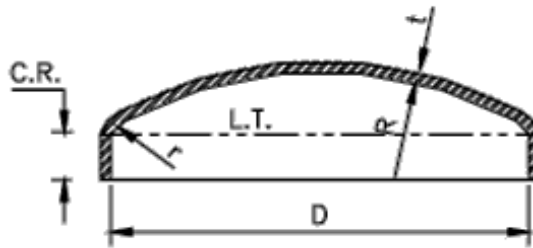


Figura 15 “Tapa 80:10”

2.1.10 TAPAS CÓNICAS

Su uso es común para cerrar recipientes como las tolvas, separadores, evaporadores, etc. También es común ver secciones cónicas para realizar cambios de diámetro en torres de destilación, rehervidores, etc.

En cuanto a las dimensiones para su fabricación no hay límites, aunque el único límite sería que el ángulo del vértice no debe ser mayor de 60°.

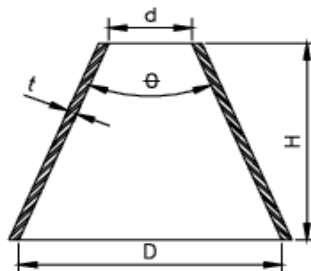


Figura 16 “Tapa cónica”

2.1.11 TAPAS TORICÓNICAS

La diferencia con las cónicas es que en el diámetro mayor, el radio de transición no debe ser al menos 6% del diámetro mayor, ó 3 veces el espesor. Aquí en México es muy difícil fabricarlas con un diámetro que sea mayor a 6 metros.

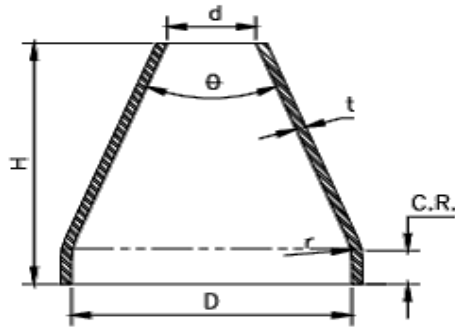


Figura 17 "Tapa toricónica"

Ecuaciones de diseño

DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN	
Casco Cilíndrico	$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$	$P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$
Casco Esférico	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$
Tapa Hemisférica	$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$
Tapa Toriesférica	$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$	$P = \frac{2SEt}{rM + 0.2t}$
Tapa Cónica	$t = \frac{PD}{2\cos\alpha(SE - 0.6P)}$	$P = \frac{2SEt \cos\alpha}{D + 1.2t\cos\alpha}$
Tapas 80:10	$t = \frac{0.73PL}{2SE - 0.1P}$	$P = \frac{2SEt}{0.73L + 0.1t}$
Tapa Semi-elíptica 2:1	$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P}$	$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$

En donde:

t [=] Espesor mínimo requerido

P [=] Presión de diseño

D [=] Diámetro interno

R [=] Radio interno

r [=] Radio interno de la esquina

E [=] Eficiencia de la soldadura

S [=] Valor del esfuerzo a la tensión

α [=] Ángulo del vértice

M [=] Valor del factor (L/r)

Tabla 3 "Lista de las ecuaciones de diseño para el espesor y presión"

CAPÍTULO 3

ALGORITMOS PARA EL CÁLCULO EN RECIPIENTES Y CODIGO FUENTE

3.1 PRESION INTERNA Y EXTERNA

3.1.1 PRESIÓN INTERNA, DISEÑO PARA EL ESPESOR DE LA PARED

Básicamente existen dos tipos de diseño para la presión a la cual está sujeta un recipiente.

Para presión interna ó para presión externa. La siguiente figura muestra el cilindro de pared delgada.

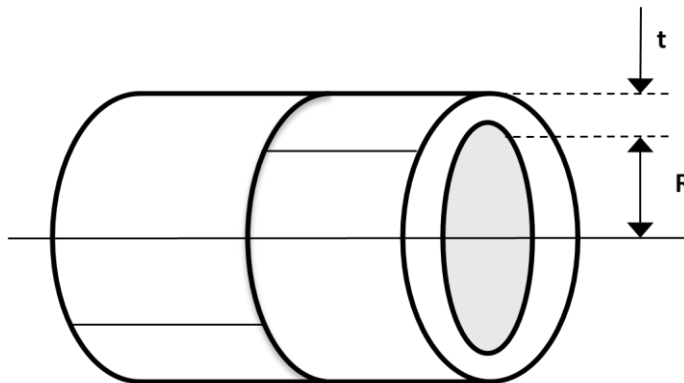


Figura 18 “Cilindro de pared delgada”

Para presión interna se utiliza la siguiente ecuación basada en la sección UG-27¹⁹.

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6P}$$

Para presión externa en la sección UG-23²⁰, se utiliza el siguiente procedimiento.

¹⁹ Código ASME parte UG-27, refiere los valores del esfuerzo máximo permisible.

²⁰ Código ASME parte UG-23, trata del espesor del recipiente sometido a una presión interna.

La siguiente ecuación solo se aplica para recipientes cuyo cociente entre D/t sea igual ó mayor que 10.

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D}{t}\right)}$$

En esta ecuación el valor a determinar es B, y se sigue el siguiente procedimiento:

- 1) Se estima un valor para t, y éste viene de una aproximación de la figura "19", para determinar el espesor de pared para recipientes a vacío.
- 2) Con el valor de t aproximado se determinan los cocientes D/t y L/D, con esto se hace la intersección y se obtiene el factor A de la figura "20".
- 3) Con el valor de A se ingresa a la gráfica del material correspondiente de las figuras "21, 22, 23, 24,25". Se sigue verticalmente hasta llegar a la temperatura aplicable. Desde la intersección se sigue horizontalmente y se lee el valor de B.
- 4) Se calcula la presión admisible Pa, y se compara con la presión de diseño, entonces si la presión admisible es menor que la de diseño se repite el proceso y se aumenta el espesor del recipiente, hasta el punto que la presión admisible sea mayor que la presión de diseño. (Pa < P)
- 5) Si los valores de A caen en la gráfica a la izquierda de la línea aplicable a la temperatura, el valor de Pa se calcula con la siguiente ecuación:

$$P_a = \frac{2 AE}{3 \left(\frac{D}{t}\right)}$$

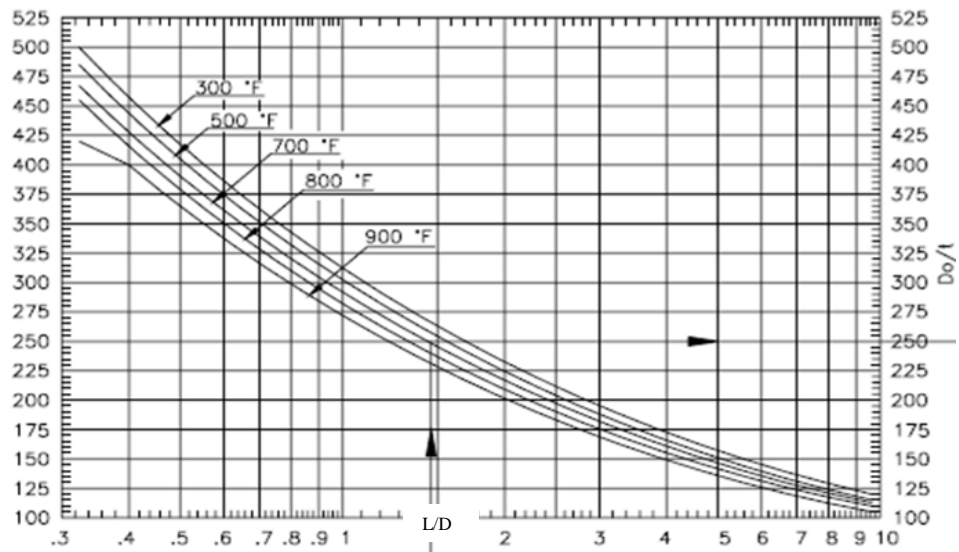


Figura 19 "Gráfica de la relación L/D con Do/t a diferentes temperaturas"

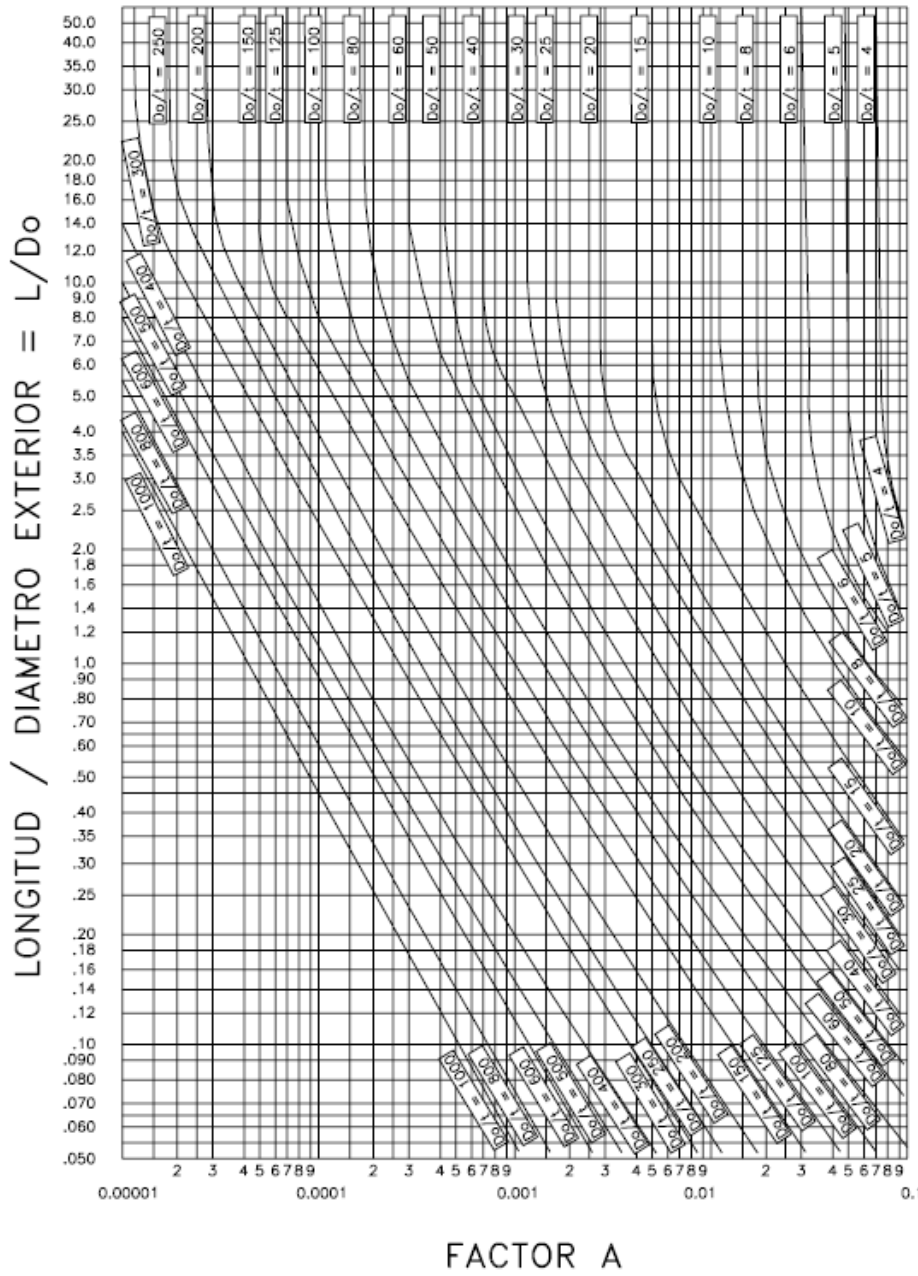
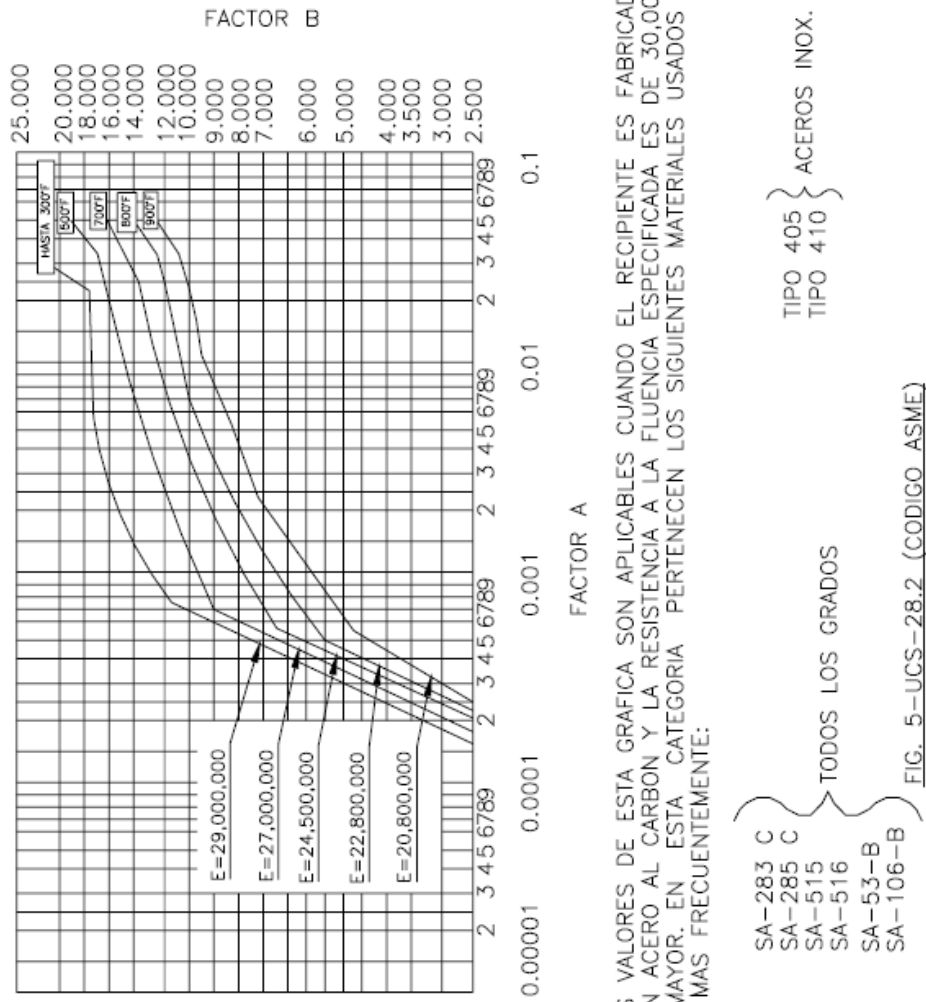


Figura 20 "Factor A"

CÓDIGO ASME (FIG.5-JGO-28.0) GRÁFICA GEOMÉTRICA PARA RECIPIENTES CILÍNDRICOS SUJETOS A CARGAS EXTERNAS Ó COMPRESIVAS. (PARA TODOS LOS MATERIALES)



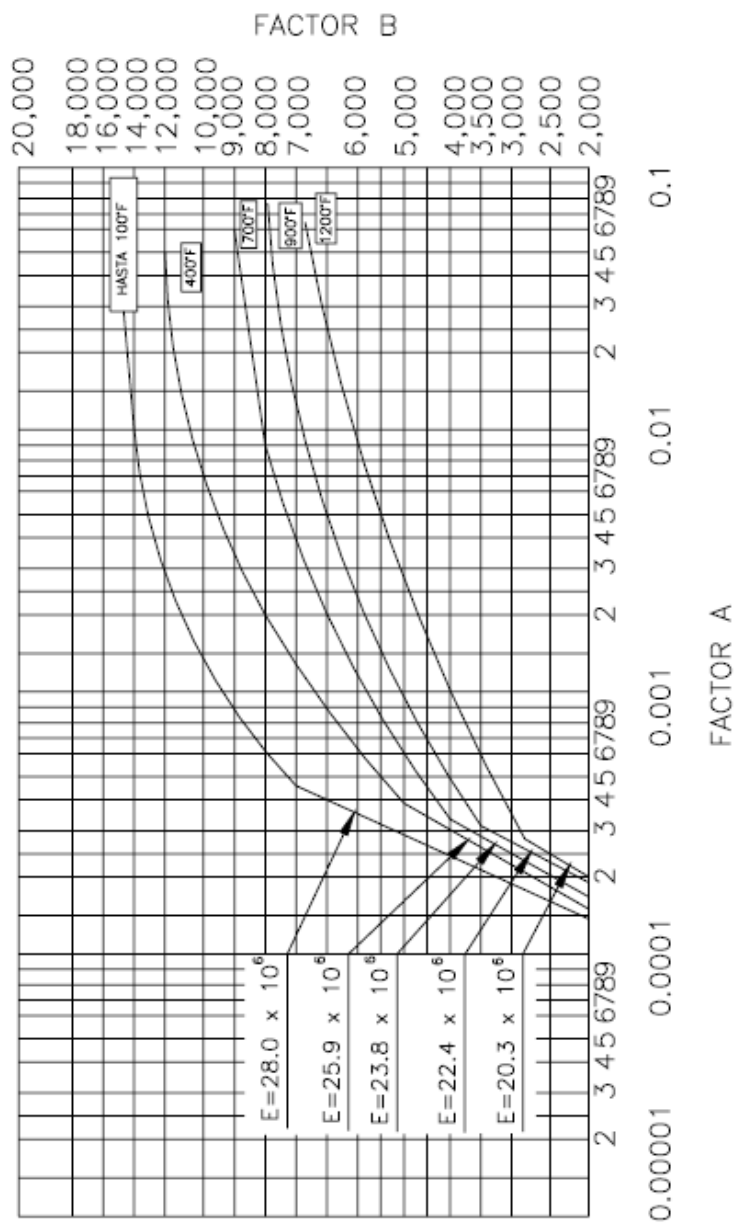
LOS VALORES DE ESTA GRAFICA SON APLICABLES CUANDO EL RECIPIENTE ES FABRICADO CON ACERO AL CARBON Y LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA ESPECIFICADA ES DE 30,000 PSI. O MAYOR. EN ESTA CATEGORIA PERTENECEN LOS SIGUIENTES MATERIALES USADOS MAS FRECUENTEMENTE:

- SA-283 C
 - SA-285 C
 - SA-515
 - SA-516
 - SA-53-B
 - SA-106-B
- TODOS LOS GRADOS
- TIPO 405
 - TIPO 410
- ACEROS INOX.

FIG. 5-UCS-28.2 (CODIGO ASME)

Figura 21 "Factor B"

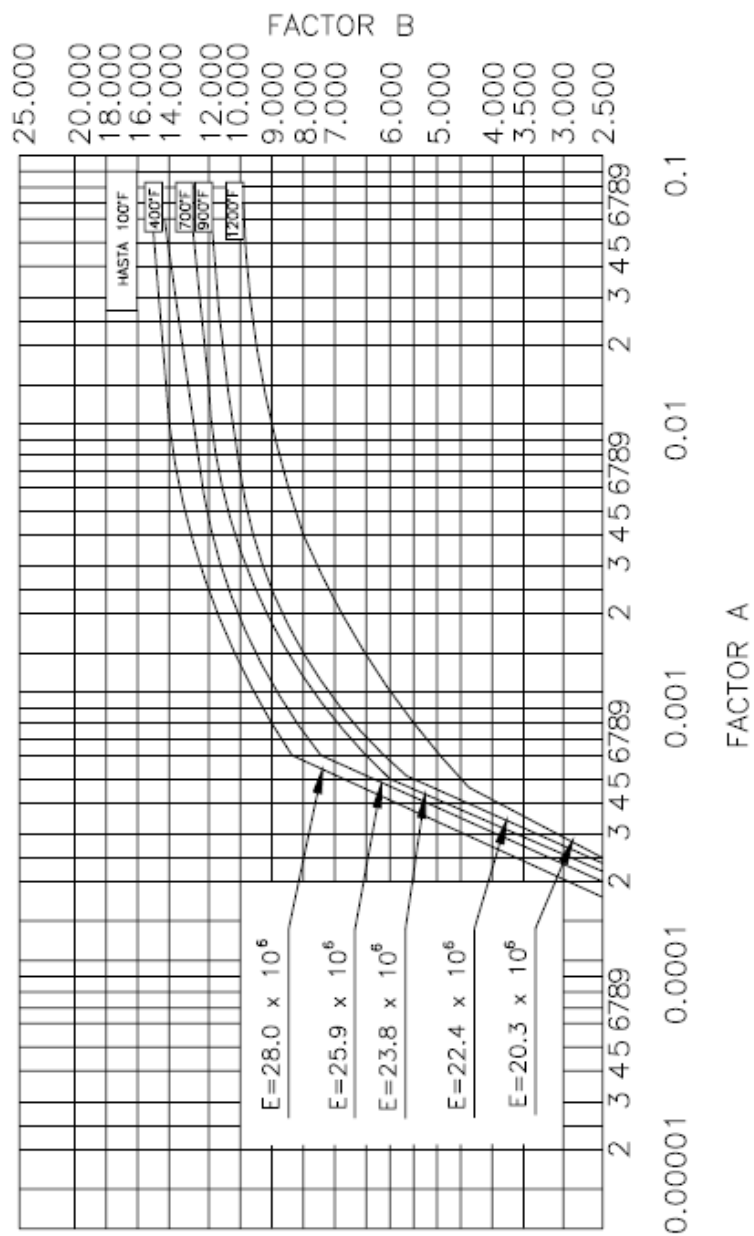
Gráfica de factor A y factor B para acero austenítico



CÓDIGO ASME (FIG.5-UGO-28.1) LOS VALORES MOSTRADOS DE LA GRÁFICA SON APLICABLES CUANDO SE FABRIQUE EL RECIPIENTE CON ACERO AUSTENÍTICO (18Cr – 8Ni, TIPO – 304)

Figura 22 "Factor B.1"

Factor A y factor B para el espesor de la envolvente



CÓDIGO ASME (FIG.5-UGO-28.2) GRÁFICA PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE LA ENVOLVENTE DE RECIPIENTES CILÍNDRICOS Y ESFÉRICOS SUJETOS A PRESIÓN EXTERNA, CUANDO SON CONSTRUÍDOS DE ACERO AUSTENÍTICO (TIPO 316, 321, 347, 309, A TRAVÉS DE 1100°F SOLAMENTE); Y (EL TIPO 310, 17Cr, ACERO INOXIDABLE TIPO 430B, A TRAVÉS DE 700°F SOLAMENTE)

Figura 23 "Factor B.2"

Valor de E con factor a y factor b para espesor de la envoltente de recipientes cilíndricos y esféricos.

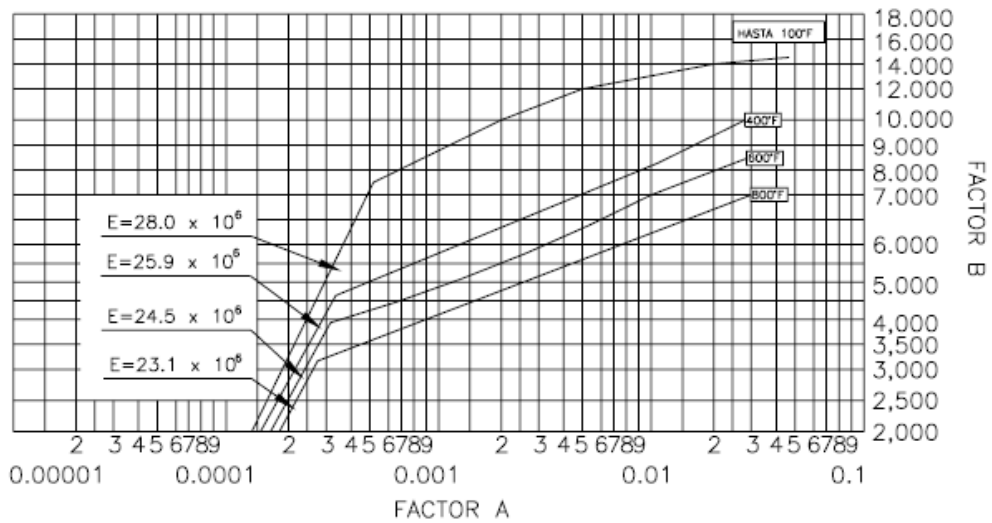


FIG. 5-UHA-28.3 GRAFICA PARA DETERMINAR ESPESORES DE ENVOLTENTES DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS SUJETOS PRESION EXTERNA CONS-TRUIDOS DE ACERO AUSTENITICO (18Cr.-8Ni-0.03 MAXIMO DE CARBONO, TIPO 304L) (VER TABLA UHA-23).

Figura 24 "Factor B.3"

Valor de E con factor a y factor b para espesor de la envoltente de recipientes cilíndricos y esféricos.

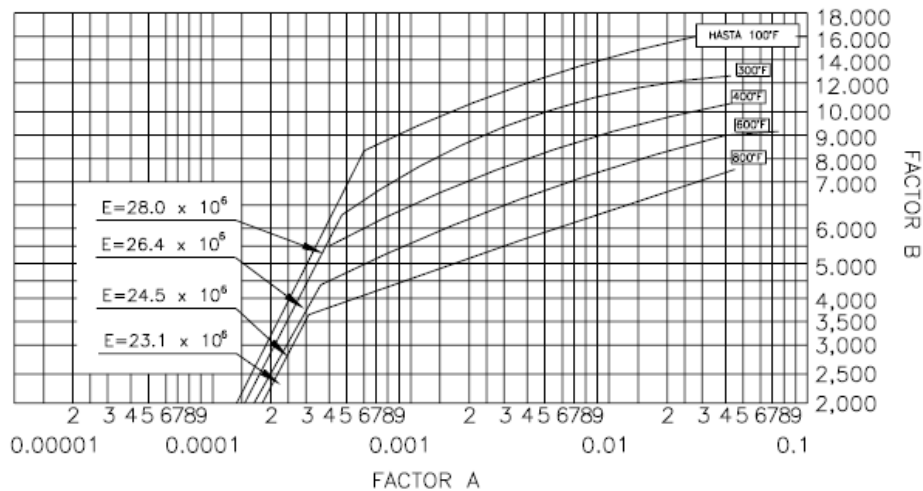


FIG 5-UHA-28.4 GRAFICA PARA DETERMINAR ESPESORES DE ENVOLTENTES DE RECIPIENTES CILINDRICOS Y ESFERICOS SUJETOS PRESION EXTERNA CONS-TRUIDOS DE ACERO AUSTENITICO (18Cr.-8Ni-Mo-0.03 MAXIMO DE CARBON, TIPO 316L, 317L) (VER TABLA UHA-23).

Figura 25 "Factor B.4"

3.1.2 DISEÑO DE CASQUETES Ó TAPAS

Hay distintos tipos de tapas que se encuentran en el Código ASME, Sección VIII, y para cada tapa hay una memoria de cálculo diferente tanto de presión interna como de externa. Se repiten algunas tapas mencionadas anteriormente, pero el fin es ilustrar la imagen con su notación así como los pasos a seguir para el cálculo respectivo. Se mencionan las siguientes tapas y son:

- Tapas esféricas ó hemisféricas
- Tapas elipsoidales ó cabezas 2:1
- Tapas cónicas ó secciones cónicas
- Tapas ASME bridada y alabeada ó torisférica
- Tapas circulares planas

3.1.3 TAPA ESFÉRICA

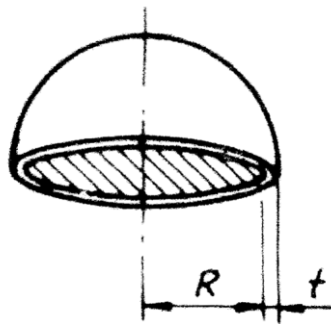
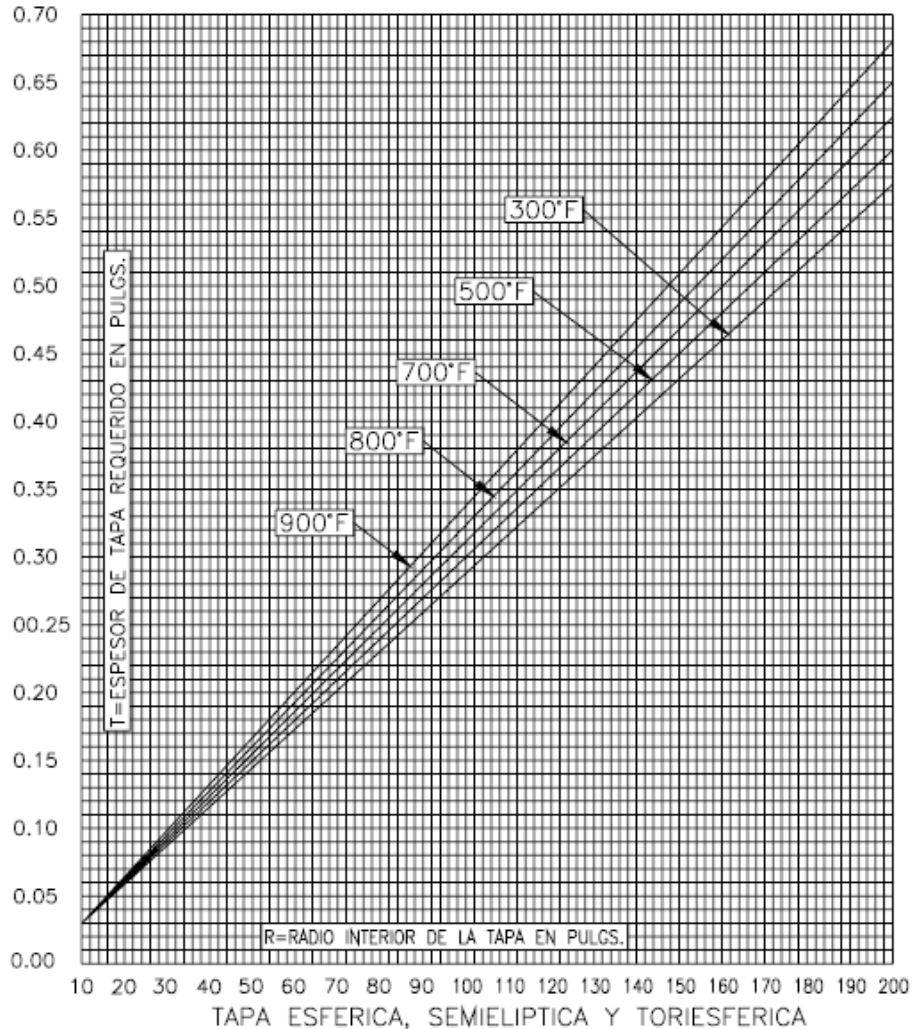


Figura 26 "Tapa esférica"

Para presión interna: $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$

Para presión externa: Como se hizo para el diseño del cilindro, se estima un espesor mínimo para la cabeza esférica de la siguiente figura:

UTILIZANDO LA GRAFICA PUEDE EVITARSE LOS TANTEOS CON DIFERENTES ESPESORES SUPUESTOS. LA GRAFICA ESTA DESARROLLADA DE ACUERDO AL METODO DE DISEÑO DE LAS NORMAS ASME SECCION VIII, DIVISION 1



(CON UN ESFUERO DE CEDENCIA DE 30000 – 38000 PSI. INCLUSIVE)
 PARA ENCONTRAR EL ESPESOR DE LA TAPA REQUERIDO:

- 1.-DETERMINE R
- 2.-ENTRE A LA GRAFICA CON EL VALOR DE R
- 3.-MUEVASE VERTICALMENTE HASTA LA LINEA DE TEMPERATURA.
- 4.-MUEVASE HORIZONTALMENTE Y LEA EL VALOR DE t

t = ESPESOR REQUERIDO DE LA TAPA EN PULGADAS

R = PARA TAPAS SEMIESFERICAS, RADIO INTERIOR EN PULGADAS

PARA SEMIELIPTICA 2:1 $0.9 \times D_o$

PARA TAPA TORIESFERICA RADIO INTERIOR DE LA CORONA PULGS $R_{max.} = D_o$

D_o = DIAMETRO EXTERIOR DE LA TAPA EN PULGADAS

Figura 27 “Gráfica de radio y espesor a diferentes temperaturas sin tanteo”

Se siguen los siguientes pasos:

- 1) Se ingresa el diámetro relativo, para hacer uso de la figura 27, en donde R es el radio relativo, y para la cabeza esférica R es igual al radio del recipiente.
- 2) En la misma figura, con el valor del radio relativo se avanza verticalmente hasta la temperatura de diseño, después se avanza horizontalmente y se toma la lectura del valor de t, entonces se calcula el valor del factor A con: $A = \frac{0.125}{(R/t)}$
- 3) Con el valor del factor A se ingresa en las gráficas del material aplicable en las figuras “21, 22, 23, 24, 25”, para que se intercepte con las líneas de la temperatura en el diseño, para con esto determinar el valor del factor B.
- 4) Con el valor del factor B es posible hacer el cálculo mediante la ecuación el valor de la presión admisible para la cabeza esférica, y la ecuación es: $P_a = \frac{B}{R/t}$
- 5) Si la presión máxima de trabajo permitida calculada con la ecuación pasada es menor que la presión de diseño, se toma un valor de espesor más grande y repetir el procedimiento para el cálculo ($P_a < P_d$, se toma valor de espesor más grande).
“Para los valores del factor A que caigan a la izquierda de la línea de la temperatura aplicable, el valor de la P_a , se puede calcular con la siguiente ecuación: $P_a = \frac{0.0625 E}{\left(\frac{R}{t}\right)^2}$ ”

3.1.4 TAPA ELIPSOIDAL

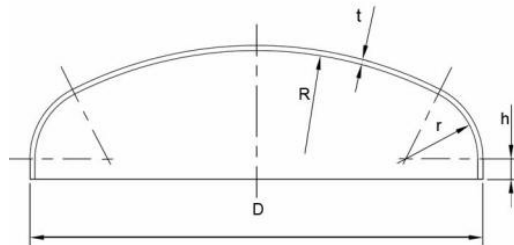


Figura 28 “Tapa elipsoidal”

$$\text{Para presión interna: } t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$$

Para la presión externa: Es el mismo procedimiento que se mencionó anteriormente en las cabezas esféricas, pero ahora el radio relativo se calcula con: $R = 0.9D$, y el resto de la misma manera.

3.1.5 TAPA TORIESFÉRICA

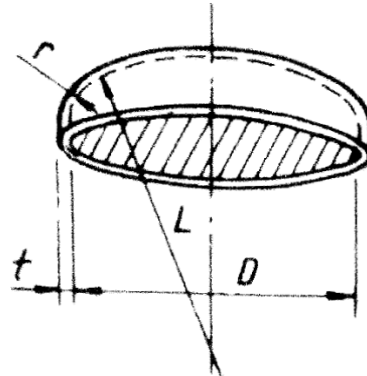


Figura 29 “Tapa toriesférica”

Se le conoce también como cabeza ASME bridada y alabeada. Lo que resalta de este diseño es que su altura es menor que las anteriores, con esto ocupe mucho menor espacio a lo largo. En esta cabeza se calcula el radio del plato (L) y el radio de la curvatura (r).

Para la presión interna: Lo primero que se debe hacer es conocer el cociente L/r , ya que para conocer este existen algunas consideraciones como son:

Cuando $L/r = 16 \frac{2}{3}$ entonces:

$$t = \frac{0.885 P L}{SE - 0.1P}$$

Cuando $L/r <$ que $16 \frac{2}{3}$ entonces:

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

En donde el factor “ M ”²¹ corresponde a:

$$M = 1/4 \left(3 + \sqrt{L/r} \right)$$

²¹ Es un factor adimensional que depende de la relación longitud-radio.

Para la presión externa: Lo único que cambia del cálculo entre cabezas esféricas y cabezas elipsoidales es el cálculo del radio relativo que es: $R = D$ y lo demás se obtiene igual.

3.1.6 TAPA CÓNICA

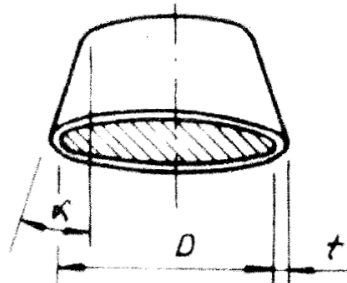


Figura 30 "Tapa cónica"

Aquí α es la mitad del ángulo, en el vértice que es no mayor a 30° .

Para presión interna: Del código ASME en la sección UG-32²² se conoce la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P D}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$$

Para la presión externa:

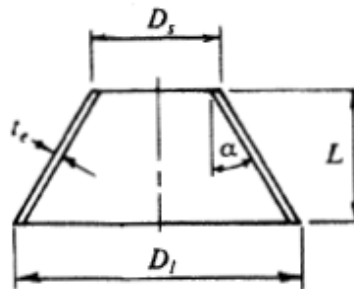


Figura 31 "Casquete cónico vista lateral"

Para secciones cónicas se sigue el siguiente procedimiento:

Cuando el valor de $\alpha \leq$ de 60° y $D_i/t_e \geq 10$.

Se estima un valor para el espesor, t_e donde $t_e = t \cos \alpha$ ²³

²² Código ASME, parte UG-32, es para las cabezas formadas y cónicas cóncavas.

²³ Ángulo expresado en grados que no debe de ser mayor a 60° .

Se determinan los valores respectivos de L_e , t_e y las dos relaciones L_e/D_i y D_i/t_e , donde se sabe que el valor de:

$$L_e = (L/2) \left(1 + \frac{D_s}{D_i} \right)$$

Con esto se toman los valores para L_e/D_i en la grafica del código ASME UGO-28²⁴, *Gráfica (a)*, siguiendo horizontalmente hasta la línea que representa D_o/t . En donde en el punto de intersección se sigue verticalmente para determinar el factor A.

En la grafica del material aplicable se toma el valor de A y se sigue verticalmente hasta la línea de la temperatura aplicable. Desde la intersección se sigue horizontalmente y se lee el valor de B.

Se calcula la presión admisible P_a , en donde:

$$P_a = \frac{4 B}{3 \left(\frac{D_i}{T_e} \right)}$$

Si la presión admisible es menor que la presión de diseño el procedimiento debe repetirse aumentando el espesor ($P_a < P$).

Cuando los conos tengan una relación D/t menor que 10, se aplica la norma UG-33²⁵ (f) (b).

Cuando $\alpha > 60^\circ$ el espesor de los conos será el mismo que el que se requiera para una cabeza plana cuyo diámetro sea igual al diámetro exterior más grande del cono.

3.2 RECIPIENTES HORIZONTALES

Básicamente los procedimientos para el cálculo de los recipientes a presión interna y externa son los mismos que se han mencionado anteriormente.

Es necesario efectuar los cálculos de la presión interna o externa, cálculo de los anillos atiesadores, cálculo de los soportes y orejas de izaje, así como conocer el tipo de material y sustancia.

²⁴ Código ASME, parte UG-28, es para el espesor de recipientes sometidos a presión externa.

²⁵ Código ASME, parte UG-33, es para las cabezas formadas y cónicas convexas.

- Cálculo por sismo
- Cálculo por vibraciones
- Cálculo por esfuerzos combinados
- Cálculo del faldón
- Cálculo de anillo base
- Cálculo de las orejas de izaje

3.4 EL CODIGO FUENTE

'CABEZA CÓNICA PRESIÓN EXTERNA

```
Private Sub Command2_Click()
Resultados.Show
Cabextconica.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
On Error Resume Next
'Valor de te y t
Text4 = Text2.Text / Text5.Text
Text4 = Format(Text4, "0.00000")
```

```
'Valor de Le y Le/D
Text6 = (Text1.Text / 2) * (1 + (Text3.Text / Text2.Text))
Text14 = Text6.Text / Text2.Text
Text6 = Format(Text6, "0.000")
Text14 = Format(Text14, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
On Error Resume Next
'Valor de te y t
Text12 = Text4.Text * (Cos(Text15.Text))
Text12 = Format(Text12, "0.00000")
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
```

```
On Error Resume Next
If Text9.Text < Text10.Text Then
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"
Text11 = "Incorrecto"
Text3.Text = ""
Text5.Text = ""
Text15.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
End If
```

```
If Text9.Text > Text10.Text Then
MsgBox "Valor Correcto"
Text11 = "Correcto"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Text0 = Datosadic.Text1.Text
Text1 = Datosadic.Text5.Text
Text2 = Datosadic.Text7.Text
Text16 = Datosadic.Text3.Text
Text3 = Datosadic.Text4.Text
Text13 = Datosadic.Text6.Text
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text13.Text
Text9 = (4 * Text8.Text) / (3 * Text5.Text)
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub
```

'CABEZA ELIPSOIDAL PRESIÓN EXTERNA

```
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (Text8.Text) / (Text2.Text / Text4.Text)
```

```
Text9 = Format(Text9, "0.000")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
```

```
On Error Resume Next
```

```
Text10 = Text1.Text
```

```
Text9 = (0.0625 * Tipojunta.Text5.Text) / ((Text2.Text / Text4.Text) ^ 2)
```

```
Text9 = Format(Text9, "0.000")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
```

```
On Error Resume Next
```

```
Text7 = 0.125 / (Text2.Text / Text4.Text)
```

```
Text7 = Format(Text7, "0.000000")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
Resultados.Show
```

```
Cabextelipsoidal.Hide
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
```

```
On Error Resume Next
```

```
If Text9.Text < Text10.Text Then
```

```
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"
```

```
Text11 = "Incorrecto"
```

```
Text4.Text = ""
```

```
Text7.Text = ""
```

```
Text8.Text = ""
```

```
Text9.Text = ""
```

```
End If
```

```
If Text9.Text > Text10.Text Then
```

```
MsgBox "Valor Correcto"
```

```
Text11 = "Correcto"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```

Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
Text0 = Datosadic.Text1.Text
Text1 = Datosadic.Text6.Text
Text2 = Datosadic.Text7.Text
Text3 = Text2.Text * 0.9
Text5 = Datosadic.Text3.Text
Text6 = Text3.Text / 12
End Sub

```

'CABEZA ESFÉRICA PRESIÓN EXTERNA

```

Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (Text8.Text) / (Text2.Text / Text4.Text)
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (0.0625 * Tipojunta.Text5.Text) / ((Text2.Text / Text4.Text) ^ 2)
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub

```

```

Private Sub Command3_Click()
On Error Resume Next
Text7 = 0.125 / (Text2.Text / Text4.Text)
Text7 = Format(Text7, "0.0000000")
End Sub

```

```

Private Sub Command4_Click()
Resultados.Show
Cabexfesferica.Hide
End Sub

```

```

Private Sub Command5_Click()
On Error Resume Next

```

```

If Text9.Text < Text10.Text Then
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"
Text11 = "Incorrecto"
Text4.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
Text9.Text = ""
End If

```

```

If Text9.Text > Text10.Text Then
MsgBox "Valor Correcto"
Text11 = "Correcto"
End If
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
On Error Resume Next
Text0 = Datosadic.Text1.Text
Text1 = Datosadic.Text6.Text
Text2 = Datosadic.Text7.Text
Text3 = Text2.Text / 2
Text5 = Datosadic.Text3.Text
Text6 = Text3.Text / 12
End Sub

```

'CABEZA TORIESFÉRICA PRESIÓN EXTERNA

```

Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (Text8.Text) / (Text2.Text / Text4.Text)
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (0.0625 * Tipojunta.Text5.Text) / ((Text2.Text / Text4.Text) ^ 2)
Text9 = Format(Text9, "0.000")

```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
On Error Resume Next  
Text7 = 0.125 / (Text2.Text / Text4.Text)  
Text7 = Format(Text7, "0.00000000")  
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()  
Resultados.Show  
Cabexttoriesferica.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()  
On Error Resume Next  
If Text9.Text < Text10.Text Then  
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"  
Text11 = "Incorrecto"  
Text4.Text = ""  
Text7.Text = ""  
Text8.Text = ""  
Text9.Text = ""  
End If
```

```
If Text9.Text > Text10.Text Then  
MsgBox "Valor Correcto"  
Text11 = "Correcto"  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
On Error Resume Next  
Text0 = Datosadic.Text1.Text  
Text1 = Datosadic.Text6.Text  
Text2 = Datosadic.Text7.Text  
Text3 = Text2.Text  
Text5 = Datosadic.Text3.Text  
Text6 = Text3.Text / 12  
End Sub
```

'MENU TIPO DE CABEZAS PRESIÓN EXTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
Cabextesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Cabextelipsoidal.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
Cabexttoriesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()  
Cabextconica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()  
Cabintextplana.Show  
End Sub
```

'TIPOS DE CABEZA PRESIÓN INTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
Cabintesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Cabintelipsoidal.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
Cabinttoriesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
```

```
Cabintconica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()  
Cabintextplana.Show  
End Sub
```

'CABEZA CONICA PRESION INTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
On Error Resume Next  
Text2 = (Datosadic.Text6.Text * Datosadic.Text7.Text) / (2 *  
(Cos(Text1.Text) * ((Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text) -  
(0.6 * Datosadic.Text6.Text))) + Corrosion.Text1.Text  
Text2 = Format(Text2, "0.00000")  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Resultados.Show  
Cabintconica.Hide  
End Sub
```

'CABEZA ELIPSOIDAL PRESIÓN INTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
On Error Resume Next  
Text1 = (Datosadic.Text6.Text * Datosadic.Text7) / (2 *  
Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text - (0.2 *  
Datosadic.Text6.Text))  
Text1 = Format(Text1, "0.00000")  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Resultados.Show  
Cabintelipsoidal.Hide  
End Sub
```

'CABEZA ESFÉRICA PRESIÓN INTERNA


```

Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text1 = (Datosadic.Text6.Text * (Datosadic.Text7.Text / 2)) / (2 *
Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text - (0.2 *
Datosadic.Text6.Text))
Text1 = Format(Text1, "0.00000")
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
Resultados.Show
Cabintesferica.Hide
End Sub

```

'CABEZA PLANA

```

Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
If Text1.Text > 24 Then
MsgBox "Valor del Diametro Fuera del Rango, Escoge la otra Opcion
de Tapas"
Text1.Text = ""
Text5.SetFocus
End If

```

```

If Text1.Text < 24 Then
MsgBox "Valor Correcto, Continua"
Text3 = Text1.Text * ((0.13 * Datosadic.Text6.Text) /
(Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5)) ^ 0.5
End If

```

```

If EspesorPexterna.Text4 = "" Then
Text2 = EspesorPinterna.Text3.Text
End If
If EspesorPinterna.Text3.Text = "" Then
Text2 = EspesorPexterna.Text4.Text
End If
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()

```

```
On Error Resume Next
Text7 = 0.33 * (Text5.Text / Text6.Text)
Text8 = Datosadic.Text7.Text * ((Text7.Text * Datosadic.Text6.Text) /
(Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text))
Text7 = Format(Text7, "0.000")
Text8 = Format(Text8, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Resultados.Show
Cabintextplana.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
On Error Resume Next
If Text3.Text < Text2.Text Then
MsgBox " Valor del espesor de Cabeza menor, Valor Incorrecto,
Escoga la Otra oopcion de Tapas"
Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
Text3.Text = ""
Text5.SetFocus
End If
```

```
If Text3.Text > Text2.Text Then
MsgBox "Valor Correcto, Continua"
Text4 = Text3.Text / Text1.Text
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
On Error Resume Next
If 0.25 > Text4.Text And Text4.Text > 0.05 Then
MsgBox "Valor Correcto, Continua"
End If
```

```
If Text4.Text > 0.25 Or Text4.Text < 0.05 Then
MsgBox "Valor InCorrecto, de t/D, Valor Fuera de Rango, Escoge la
Otra Opcion de Tapas"
```

```
Text1 = ""
Text2 = ""
Text3 = ""
Text4 = ""
Text5.SetFocus
End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
Text1 = Datosadic.Text3.Text
```

```
If EspesorPinterna.Text3.Text = "" Then
Text6 = EspesorPexterna.Text4.Text
End If
```

```
If EspesorPexterna.Text4.Text = "" Then
Text6 = EspesorPinterna.Text3.Text
End If
End Sub
```

'CABEZA TORIESFERICA PRESION INTERNA

```
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
If 16.5 <= Text1.Text And Text1.Text <= 16.7 Then
Text2 = (0.885 * Datosadic.Text7.Text * Datosadic.Text5.Text) /
(Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text - (0.1 *
Datosadic.Text6.Text))
Text2 = Format(Text2, "0.00000")
End If
```

```
If Text1.Text < 16 Or Text1.Text > 16.7 Then
Text4 = 0.25 * (3 + (Text1.Text ^ 0.5))
Text3 = (Datosadic.Text7.Text * Datosadic.Text5.Text * Text4.Text) /
(2 * Materiales.Text10.Text * Tipojunta.Text5.Text - (0.2 *
Datosadic.Text6.Text))
Text3 = Format(Text3, "0.00000")
Text4 = Format(Text4, "0.000")
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Resultados.Show  
Cabinttoriesferica.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
On Error Resume Next  
Text1 = (Datosadic.Text5.Text / (Datosadic.Text7.Text / 2))  
Text1 = Format(Text1, "0.000")  
End Sub
```

'CORROSIÓN

```
Private Sub Command1_Click()  
Optimizacion.Show  
Corrosion.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
Combo1.Clear  
Combo1.AddItem "0.125"  
Combo1.ForeColor = 255  
Combo2.Clear  
Combo2.AddItem "0.0625"  
Combo2.ForeColor = 255  
Combo3.Clear  
Combo3.AddItem "0.03125"  
Combo3.ForeColor = 255  
Combo4.Clear  
Combo4.AddItem "0.25"  
Combo4.ForeColor = 255  
End Sub
```

```
Private Sub Combo1_Click()  
Text1.Text = Combo1.Text  
If Combo1.Text Then  
Text2.Text = "Fluido Poco Corrosivo (1/8ln)"  
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo2_Click()  
Text1.Text = Combo2.Text  
If Combo2.Text Then  
Text2.Text = "Fluido Poco Corrosivo (1/32In)"  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Combo3_Click()  
Text1.Text = Combo3.Text  
If Combo3.Text Then  
Text2.Text = "Fluido Poco Corrosivo (1/16In)"  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Combo4_Click()  
Text1.Text = Combo4.Text  
If Combo4.Text Then  
Text2.Text = "Fluido Muy Corrosivo (1/4In)"  
End If  
End Sub
```

'DATOS NECESARIOS PARA EL CÁLCULO

```
Private Sub Command1_Click()  
On Error Resume Next  
'Valor del diametro  
If LyD.Text11.Text = "" Then  
Text3 = Volumen.Text7.Text  
End If
```

```
If Volumen.Text7.Text = "" Then  
Text3 = LyD.Text11.Text / 12  
End If
```

```
'Valor de Longitud  
If LyD.Text12.Text = "" Then  
Text5 = Volumen.Text8.Text * 12
```

End If

```
If Volumen.Text8.Text = "" Then
Text5 = LyD.Text12.Text
End If
```

```
'Presion
If LyD.Text13.Text = "" Then
Text6 = Volumen.Text4.Text
End If
```

```
If Volumen.Text4.Text = "" Then
Text6 = LyD.Text13.Text
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
Presion.Show
Datosadic.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Text7 = Text3.Text * 12
End Sub
```

'ESPESOR DEL CILINDRO PRESIÓN EXTERNA

```
Private Sub Command0_Click()
On Error Resume Next
Text4 = (Text2.Text) / Text5.Text
Text4 = Format(Text4, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (4 * Text8.Text) / (3 * (Text5.Text))
Text9 = Format(Text9, "0.000")
```

```
If Text9.Text < Text10.Text Then
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"
Text11 = "Incorrecto"
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
End If
```

```
If Text9.Text > Text10.Text Then
MsgBox "Valor Correcto"
Text11 = "Correcto"
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
On Error Resume Next
Text10 = Text1.Text
Text9 = (2 * Text7.Text * Form1.Text10.Text) / (3 * (Text5.Text))
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
Cabezasext.Show
EspesorPexterna.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
On Error Resume Next
If Text9.Text < Text10.Text Then
MsgBox "Valor Incorrecto Aumenta el Valor del espesor"
Text11 = "Incorrecto"
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
End If
```

```
If Text9.Text > Text10.Text Then
```

```
MsgBox "Valor Correcto"  
Text11 = "Correcto"  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
On Error Resume Next  
Text0 = Datosadic.Text1.Text  
Text1 = Datosadic.Text6.Text  
Text2 = Datosadic.Text7.Text  
Text3 = Datosadic.Text5.Text  
Text6 = Text3.Text / Text2.Text  
End Sub
```

'ESPESOR DEL CILINDRO PRESIÓN INTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
On Error Resume Next  
Text1 = Datosadic.Text7.Text / 2
```

```
If LyD.Text13.Text = "" Then  
Text2 = Volumen.Text4.Text  
End If
```

```
If Volumen.Text4.Text = "" Then  
Text2 = LyD.Text13.Text  
End If
```

```
Text3 = (Text2.Text * Text1.Text) / (Materiales.Text10.Text *  
Tipojunta.Text3.Text - (0.6 * Text2.Text)) + Corrosion.Text1.Text  
Text3 = Format(Text3, "0.000")  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Cabezasint.Show  
EspesorPinterna.Hide  
End Sub
```



```

Private Sub Form_Load()

'Presion
If LyD.Text13.Text = "" Then
Text2 = Volumen.Text4.Text
End If

If Volumen.Text4.Text = "" Then
Text2 = LyD.Text13.Text
End If
End Sub

```

'HOJA DE DATOS

```

Private Sub Command1_Click()
Materiales.Show
Hojadedatos.Hide
End Sub

```

'OPTIMIZACIÓN LONGITUD Y DIAMETRO

```

Private Sub Command1_Click()
'Datos de L y D dados por el usuario
col.TextArray(9) = InputBox("Dame el valor de la Longitud en ln")
col.TextArray(10) = InputBox("Dame el valor del Diametro en ln")

'L/D
col.TextArray(11) = col.TextArray(9) / col.TextArray(10)
col.TextArray(11) = Format(col.TextArray(11), "0.000")

'Vtotal
col.TextArray(8) = (3.1416 * (((col.TextArray(10) ^ 2) / 4) *
col.TextArray(9)) + (2 * (0.00035 * col.TextArray(10) ^ 3)))
col.TextArray(8) = Format(col.TextArray(8), "0.000")

'Comprobacion de L
col.TextArray(13) = (col.TextArray(8) - (0.0007 * col.TextArray(10) ^ 3))
/ (0.7854 * col.TextArray(10) ^ 2)

```

```

'CondicionaI IF
If 2 <= col.TextArray(11) And col.TextArray(11) <= 5 Then
col.TextArray(12) = "Valor de L/D correcto"
Else
col.TextArray(12) = "Valor de L/D Incorrecto"
End If

'Valor de celda igual al textbox
Text1.Text = col.TextArray(8)
Text1 = Format(Text1, "0.000")
Text4.Text = col.TextArray(10)
Text4 = Format(Text4, "0.000")
Text7.Text = col.TextArray(9)
Text7 = Format(Text7, "0.000")
End Sub

Private Sub Command2_Click()
'Datos de L y D dados por el usuario
col.TextArray(16) = InputBox("Dame el valor de la Longitud en ln")
col.TextArray(17) = InputBox("Dame el valor del Diametro en ln")

'L/D
col.TextArray(18) = col.TextArray(16) / col.TextArray(17)
col.TextArray(18) = Format(col.TextArray(18), "0.000")

'Vtotal
col.TextArray(15) = (3.1416 * (((col.TextArray(17) ^ 2) / 4) *
col.TextArray(16)) + (2 * (0.000566 * col.TextArray(17) ^ 3)))
col.TextArray(15) = Format(col.TextArray(15), "0.000")

'Comprobacion de L
col.TextArray(20) = (col.TextArray(15) - (0.001132 * col.TextArray(17)
^ 3)) / (0.7854 * col.TextArray(17) ^ 2)

'CondicionaI IF
If 2 <= col.TextArray(18) And col.TextArray(18) <= 5 Then
col.TextArray(19) = "Valor de L/D correcto"
Else
col.TextArray(19) = "Valor de L/D Incorrecto"

```

End If

```
'Valor de celda igual al textbox
Text2.Text = col.TextArray(15)
Text2 = Format(Text2, "0.000")
Text5.Text = col.TextArray(17)
Text5 = Format(Text5, "0.000")
Text8.Text = col.TextArray(16)
Text8 = Format(Text8, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()
'Datos de L y D dados por el usuario
col.TextArray(23) = InputBox("Dame el valor de la Longitud en In")
col.TextArray(24) = InputBox("Dame el valor del Diametro en In")
```

```
'L/D
col.TextArray(25) = col.TextArray(23) / col.TextArray(24)
col.TextArray(25) = Format(col.TextArray(25), "0.000")
```

```
'Vtotal
col.TextArray(22) = (3.1416 * (((col.TextArray(24) ^ 2) / 4) *
col.TextArray(23)) + (2 * (0.00113 * col.TextArray(24) ^ 3)))
col.TextArray(22) = Format(col.TextArray(22), "0.000")
```

```
'Comprobacion de L
col.TextArray(27) = (col.TextArray(22) - (0.00226 * col.TextArray(24) ^
3)) / (0.7854 * col.TextArray(24) ^ 2)
```

```
'CondicionaL IF
If 2 <= col.TextArray(25) And col.TextArray(25) <= 5 Then
col.TextArray(26) = "Valor de L/D correcto"
Else
col.TextArray(26) = "Valor de L/D Incorrecto"
End If
```

```
'Valor de celda igual al textbox
Text3.Text = col.TextArray(22)
Text3 = Format(Text3, "0.000")
```

```
Text6.Text = col.TextArray(24)
Text6 = Format(Text6, "0.000")
Text9.Text = col.TextArray(23)
Text9 = Format(Text9, "0.000")
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()
Text1.Text = ""
Text2.Text = ""
Text3.Text = ""
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
Text6.Text = ""
Text7.Text = ""
Text8.Text = ""
Text9.Text = ""
Text10.Text = ""
Text11.Text = ""
Text12.Text = ""
End Sub
```

```
Private Sub Command5_Click()
If Text1.Text = "" And Text2.Text = "" Then
Text10 = Text3.Text
End If
If Text1.Text = "" And Text3.Text = "" Then
Text10 = Text2.Text
End If
If Text2.Text = "" And Text3.Text = "" Then
Text10 = Text1.Text
End If
```

```
If Text4.Text = "" And Text5.Text = "" Then
Text11 = Text6.Text
End If
If Text4.Text = "" And Text6.Text = "" Then
Text11 = Text5.Text
End If
If Text5.Text = "" And Text6.Text = "" Then
```

```
Text11 = Text4.Text
End If
If Text7.Text = "" And Text8.Text = "" Then
Text12 = Text9.Text
End If
If Text7.Text = "" And Text9.Text = "" Then
Text12 = Text8.Text
End If
If Text8.Text = "" And Text9.Text = "" Then
Text12 = Text7.Text
End If
End Sub
```

```
Private Sub Command6_Click()
Datosadic.Show
LyD.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
'Datos de inicio y encabezados
col.TextArray(0) = "Tapa"
col.ColWidth(0) = 1300
col.ColAlignment(0) = flexAlignCenterCenter

col.TextArray(1) = "Vtotal"
col.ColWidth(1) = 1350
col.ColAlignment(1) = flexAlignCenterCenter

col.TextArray(2) = "L"
col.ColAlignment(2) = flexAlignCenterCenter

col.TextArray(3) = "D"
col.ColAlignment(3) = flexAlignCenterCenter

col.TextArray(4) = "L/D"
col.ColAlignment(4) = flexAlignCenterCenter

col.TextArray(5) = "Rango de L/D"
col.ColWidth(5) = 1800
```

```
col.ColAlignment(5) = flexAlignCenterCenter
```

```
col.TextArray(6) = "Comprobacion de L"  
col.ColWidth(6) = 1600  
col.ColAlignment(6) = flexAlignCenterCenter
```

```
col.TextArray(7) = "Toriesferica"  
col.TextArray(14) = "Semieliptica"  
col.TextArray(21) = "Semiesferica"  
End Sub
```

'LISTA DE MATERIALES Y ESFUERZO

```
Option Explicit  
Private Sub Command1_Click()  
    Dim obj As New Class1  
    Set DataGrid1.DataSource = obj.LeerTxt(App.Path)  
    Set obj = Nothing  
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
    Tipojunta.Show  
    Materiales.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub DataGrid1_Click()  
    Text1.Text = DataGrid1.Columns(0).Text  
    Text2.Text = DataGrid1.Columns(1).Text  
    Text3.Text = DataGrid1.Columns(2).Text  
    Text4.Text = DataGrid1.Columns(3).Text  
    Text5.Text = DataGrid1.Columns(4).Text  
    Text6.Text = DataGrid1.Columns(5).Text  
    Text7.Text = DataGrid1.Columns(6).Text  
    Text8.Text = DataGrid1.Columns(7).Text  
    Text9.Text = DataGrid1.Columns(8).Text  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
    Dim obj As New Class1
```

```
        Set DataGrid1.DataSource = obj.Leer_Excel(App.Path & "\" &  
"libro1.xls", "Sheet1")  
        Set obj = Nothing  
End Sub
```

```
Private Sub Text2_Click()  
If Text2.Text Then  
Text10.Text = Val(Text2.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text3_Click()  
If Text3.Text Then  
Text10.Text = Val(Text3.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text4_Click()  
If Text4.Text Then  
Text10.Text = Val(Text4.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text5_Click()  
If Text5.Text Then  
Text10.Text = Val(Text5.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text6_Click()  
If Text6.Text Then  
Text10.Text = Val(Text6.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text7_Click()  
If Text7.Text Then  
Text10.Text = Val(Text7.Text)
```

```
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text8_Click()  
If Text8.Text Then  
Text10.Text = Val(Text8.Text)  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub Text9_Click()  
If Text9.Text Then  
Text10.Text = Val(Text9.Text)  
End If  
End Sub
```

'MENU PRINCIPAL

```
Private Sub Cabezaextconica_Click()  
Cabextconica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaextelipsoidal_Click()  
Cabextelipsoidal.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaextesferica_Click()  
Cabextesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaextplana_Click()  
Cabintextplana.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaexttoriesferica_Click()  
Cabexttoriesferica.Show  
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaintconica_Click()  
Cabintconica.Show
```



```
End Sub
Private Sub Cabezaintelipsoidal_Click()
Cabintelipsoidal.Show
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaintesferica_Click()
Cabintesferica.Show
End Sub
```

```
Private Sub Cabezaintplana_Click()
Cabintextplana.Show
End Sub
```

```
Private Sub Cabezainttoriesferica_Click()
Cabinttoriesferica.Show
End Sub
```

```
Private Sub Command1_Click()
Hojadedatos.Show
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
End
End Sub
```

```
Private Sub corro_Click()
Corrosion.Show
End Sub
```

```
Private Sub datos_Click()
Datosadic.Show
End Sub
```

```
Private Sub Esppresionext_Click()
EspesorPexterna.Show
End Sub
```

```
Private Sub Esppresionint_Click()
EspesorPinterna.Show
```

```
End Sub
Private Sub hoja_Click()
Hojadedatos.Show
End Sub
```

```
Private Sub junta_Click()
Tipojunta.Show
End Sub
```

```
Private Sub longydiam_Click()
LyD.Show
End Sub
```

```
Private Sub material_Click()
Materiales.Show
End Sub
```

```
Private Sub pres_Click()
Presion.Show
End Sub
```

```
Private Sub Resultado_Click()
Resultados.Show
End Sub
```

```
Private Sub vol_Click()
Volumen.Show
End Sub
```

'MENU DE OPTIMIZACIÓN

```
Private Sub Command1_Click()
Volumen.Show
Optimizacion.Hide
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()
LyD.Show
Optimizacion.Hide
```

End Sub

'MENU DEL TIPO DE PRESIÓN INTERNA Ó EXTERNA

```
Private Sub Command1_Click()  
EspesorPinterna.Show  
Presion.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
EspesorPexterna.Show  
Presion.Hide  
End Sub
```

'TABLA DE RESULTADOS

```
Private Sub Command2_Click()  
End  
End Sub
```

```
Private Sub Command4_Click()  
On Error Resume Next  
Text25 = Text18.Text * 12  
Text26 = Text19.Text * 144  
Text27 = Text20.Text * 12  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
'Datos del usuario  
Text1 = Tipojunta.Text3.Text  
Text2 = Tipojunta.Text4.Text  
Text3 = Tipojunta.Text5.Text  
Text4 = Tipojunta.Text6.Text  
Text5 = Materiales.Text1.Text  
Text6 = Materiales.Text10.Text  
Text7 = Corrosion.Text1.Text  
Text8 = Corrosion.Text2.Text
```

```
Text9 = Datosadic.Text1.Text  
Text11 = Datosadic.Text7.Text
```

Text12 = Datosadic.Text3.Text
Text13 = Datosadic.Text4.Text
Text14 = Datosadic.Text5.Text

'Volumen

Text16 = Volumen.Text4.Text
Text17 = Volumen.Text6.Text
Text18 = Volumen.Text7.Text
Text19 = Volumen.Text5.Text
Text20 = Volumen.Text8.Text

'LyD

Text21 = LyD.Text13.Text
Text22 = LyD.Text10.Text
Text23 = LyD.Text11.Text
Text24 = LyD.Text12.Text

'Espesor cilindro

'Presion Externa

Text39 = EspesorPexterna.Text4.Text
Text38 = EspesorPexterna.Text5.Text
Text37 = EspesorPexterna.Text6.Text
Text34 = EspesorPexterna.Text7.Text
Text36 = EspesorPexterna.Text8.Text
Text33 = EspesorPexterna.Text9.Text

'Presion interna

Text31 = EspesorPinterna.Text3.Text
Text30 = EspesorPinterna.Text1.Text

'Espesor Cabezas

'Presion interna

Text28 = Cabintconica.Text2.Text
Text29 = Cabintelipsoidal.Text1.Text
Text32 = Cabintesferica.Text1.Text

'Toriesferica

If Cabinttoriesferica.Text2 = "" Then
Text40 = Cabinttoriesferica.Text3.Text
End If

If Cabinttoriesferica.Text3 = "" Then
Text40 = Cabinttoriesferica.Text2.Text
End If

Text35 = Cabinttoriesferica.Text1.Text
Text41 = Cabinttoriesferica.Text4.Text

'Presion Interna y Externa

'Cabeza Plana

Text60 = Cabinttextplana.Text3.Text

Text61 = Cabinttextplana.Text4.Text

Text62 = Cabinttextplana.Text8.Text

Text63 = Cabinttextplana.Text7.Text

Text64 = Cabinttextplana.Text5.Text

'Espesor Cabezas

'Presion Externa

'Esferica

Text42 = Cabextesferica.Text4.Text

Text43 = Cabextesferica.Text7.Text

Text44 = Cabextesferica.Text8.Text

Text46 = Cabextesferica.Text9.Text

Text45 = Cabextesferica.Text3.Text

Text47 = Cabextesferica.Text6.Text

'Elipsoidal

Text53 = Cabextelipsoidal.Text4.Text

Text52 = Cabextelipsoidal.Text7.Text

Text51 = Cabextelipsoidal.Text8.Text

Text49 = Cabextelipsoidal.Text9.Text

Text50 = Cabextelipsoidal.Text3.Text

Text48 = Cabextelipsoidal.Text6.Text

'Toriesferica

Text59 = Cabexttoriesferica.Text4.Text

Text58 = Cabexttoriesferica.Text7.Text

Text57 = Cabexttoriesferica.Text8.Text

Text55 = Cabexttoriesferica.Text9.Text

Text56 = Cabexttoriesferica.Text3.Text

```
Text54 = Cabexttoriesferica.Text6.Text
```

```
'Conica
```

```
Text65 = Cabextconica.Text15.Text
```

```
Text66 = Cabextconica.Text5.Text
```

```
Text67 = Cabextconica.Text6.Text
```

```
Text69 = Cabextconica.Text14.Text
```

```
Text68 = Cabextconica.Text12.Text
```

```
Text70 = Cabextconica.Text4.Text
```

```
Text71 = Cabextconica.Text7.Text
```

```
Text72 = Cabextconica.Text8.Text
```

```
Text73 = Cabextconica.Text9.Text
```

```
End Sub
```

'TIPO DE JUNTA PARA CABEZA Y CILÍNDRRO

```
Private Sub Combo1_Click()
```

```
Text1.Text = Combo1.Text
```

```
If Combo1.Text Then
```

```
Text2.Text = "Tipo 1"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo2_Click()
```

```
Text1.Text = Combo2.Text
```

```
If Combo2.Text Then
```

```
Text2.Text = "Tipo 2"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo3_Click()
```

```
Text1.Text = Combo3.Text
```

```
If Combo3.Text Then
```

```
Text2.Text = "Tipo 3"
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Combo4_Click()
```

```
Text1.Text = Combo4.Text
```

```
If Combo4.Text Then
```

```
Text2.Text = "Tipo 4"
```

```

End If
End Sub
Private Sub Combo5_Click()
Text1.Text = Combo5.Text
If Combo5.Text Then
Text2.Text = "Tipo 5"
End If
End Sub
Private Sub Combo6_Click()
Text1.Text = Combo6.Text
If Combo6.Text Then
Text2.Text = "Tipo 6"
End If
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Corrosion.Show
Tipojunta.Hide
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Text3 = Text1.Text
Text4 = Text2.Text
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Text5 = Text1.Text
Text6 = Text2.Text
End Sub

Private Sub Form_Load()
Combo1.Clear
Combo1.AddItem "1.00"
Combo1.AddItem "0.85"
Combo1.AddItem "0.70"

Combo2.Clear
Combo2.AddItem "0.90"
Combo2.AddItem "0.80"

```

```
Combo2.AddItem "0.65"  
Combo3.Clear  
Combo3.AddItem "0.60"
```

```
Combo4.Clear  
Combo4.AddItem "0.55"
```

```
Combo5.Clear  
Combo5.AddItem "0.50"
```

```
Combo6.Clear  
Combo6.AddItem "0.45"  
End Sub
```

'OPTIMIZACIÓN DE VOLÚMEN

```
Private Sub Command1_Click()  
On Error Resume Next  
Text6 = Text4.Text / (Text1.Text * Text2.Text * Text3.Text)  
Text6 = Format(Text6, "0.000")  
End Sub
```

```
Private Sub Command2_Click()  
Datosadic.Show  
Volumen.Hide  
End Sub
```

```
Private Sub Command3_Click()  
On Error Resume Next  
Text8 = (4 * Text5.Text) / (3.1416 * (Text7.Text * Text7.Text))  
Text8 = Format(Text8, "0.000")  
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()  
Text1 = Corrosion.Text1.Text  
Text2 = Materiales.Text10.Text  
Text3 = Tipojunta.Text1.Text  
End Sub
```


'MODULO CLASS PARA PASAR DATOS DE EXCEL A TABLA DE VISUAL BASIC

Option Explicit

'devuelve un objeto Recordset con los datos de la hoja

```
Public Function Leer_Excel(ByVal PathXls As String, hoja As String) As ADODB.Recordset
```

```
    On Error GoTo ErrorFunction
    Dim rs As ADODB.Recordset
    Set rs = New ADODB.Recordset
    Dim cs As String
```

```
    rs.CursorLocation = adUseClient
    rs.CursorType = adOpenKeyset
    rs.LockType = adLockBatchOptimistic
```

```
    cs = "DRIVER=Microsoft Excel Driver (*.xls);" & "DBQ=" & PathXls
```

```
    hoja = "[" & hoja & "$" & "]"
```

```
    rs.Open "SELECT * FROM " & hoja, cs
    Set Leer_Excel = rs
    Set rs = Nothing
    Exit Function
```

ErrorFunction:

```
    MsgBox Err.Description, vbCritical
    Err.Clear
```

End Function

'devuelve un objeto Recordset con los datos del txt

```
Public Function LeerTxt(Directorio As String) As ADODB.Recordset
```

```
    On Error GoTo ErrorFunction
    Dim rs As ADODB.Recordset
    Set rs = New ADODB.Recordset
    Dim cn As ADODB.Connection
    Set cn = New ADODB.Connection
```

```
    cn.Open "DRIVER={Microsoft Text Driver (*.txt; *.csv)};" & _
           "DBQ=" & Directorio & ";", "", ""
```

```
rs.Open "select * from [archivo#txt]", cn, adOpenStatic, adLockReadOnly,  
adCmdText  
Set LeerTxt = rs  
  
Set rs = Nothing  
Set cn = Nothing  
  
Exit Function  
ErrorFunction:  
MsgBox Err.Description, vbCritical  
Err.Clear  
End Function
```

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS

1. Con el desarrollo del programa para calcular las dimensiones de un recipiente a presión, se puede determinar mucho más rápido el espesor de las tapas y del cuerpo. Así mismo, se pueden variar los siguientes datos:
 - Presión
 - Temperatura
 - Esfuerzo a la tensión
 - Longitud y diámetro
 - Volumen
 - Eficiencia de la soldadura
 - Espesor por corrosión
2. Se incluyó una lista de materiales predefinidos de Aceros al Carbón y Aceros Inoxidables. Con esto y con la temperatura se puede calcular el valor del esfuerzo a la tensión (E)²⁷ que es necesario para los cálculos del espesor.
3. También se incluye la optimización ya sea si se cuenta con el volumen ó los datos de longitud y diámetro. Para la Relación L/D, es importante conocer si esta relación esta en rangos aceptables.
4. Se puede comparar el dimensionamiento considerando las diferentes tapas con un simple clic, para ver la diferencia del espesor de tapas y su presión correspondiente.

²⁷ Esfuerzo de los materiales predefinidos, sometidos a una tensión a un rango variado de temperaturas, expresado en unidades de presión

4.2 OBTENCIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez elaborado el código de programación se procede a verificar con un problema práctico. Los datos aparecen en la tabla y los resultados también se muestran.

Ejemplo de un recipiente con los datos siguientes.

Volumen (V)	0.3 m ³ 18307 in ³
Presión de Operación (Po)	147 Lb/in ²
Presión de Diseño (Pd)	177
Temperatura de Operación (To)	77°
Temperatura de Diseño (Td)	102°
Material	SA-202 Grado A
Esfuerzo a la tensión (E)	18700 Lb/in ²
Eficiencia de la Soldadura (S)	0.85
Tipo de Tapa	Toriesferica
Radio (r)	10 in
Diámetro (D)	50 cm 20 in
Longitud (L)	150 cm 60 in
RESULTADOS	
Espesor del casco(t) Nominal	0.1124 in 1/4 in
Espesor de tapas (t) Nominal	0.1980 in 1/4 in
Relación L/D	3

Tabla 4 "Tabla de ejemplo con datos"

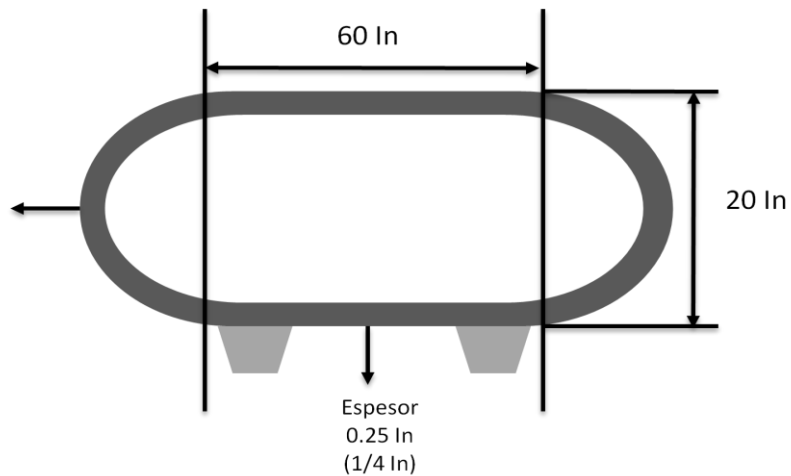


Figura 32 "Dimensiones obtenidas"

4.2.1 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROGRAMA

Con un volumen toriesférico.

Se le añadió un sobre-espesor de corrosión de 0.0625 in.

Tabla de Resultados

TABLA DE RESULTADOS

Datos Del Usuario

Eficiencia Cilindro	0.85	%	Temperatura	77	° F
Tipo	Tipo 1		Diametro Mayor	20	In
Eficiencia Cabeza	0.85	%	Diametro Menor	1.6666666666666666	FT
Tipo	Tipo 1		Longitud	60.000	In
Tipo de Material	SA-202				FT
Esfuerzo	18700	Psi			
Valor de Corrosion	0.0625	In			
Descripcion	Fluido Poco Corrosivo (1/32In)				

Volumen ó Longitud y Diametro

Presion		Psi
Factor F		
Diametro		FT
Volumen		In3
Longitud		FT

L y D

Presion	177	Psi
Volumen	18855.200	In3
Diametro	20.000	In
Longitud	60.000	In

Convertir a Pulgadas el Volumen

Datos del Programa

Espesor del Cilindro

Presion Externa		
Espesor	0.101	In
D/t	197.1631	
L/D	3	
Factor A	0.00015	
Factor B	2950	
Pa	19.950	Psi

Presion Interna

Espesor	0.175	In
Radio	10	In

Espesor de Cabezas Presion Externa

Esferica

Espesor	0.06	In
Factor A	0.0003750	
Factor B	6125	
Pa	18.375	Psi
Radio	10	In
	0.8333333333333333	FT

Elipsoidal

Espesor	0.0513	In
Factor A	0.000321	
Factor B	5315	
Pa	13.633	Psi
Radio	18	In
	1.5	FT

TorEsferica

Espesor	0.057	In
Factor A	0.00035625	
Factor B	5750	
Pa	16.388	Psi
Radio	20	In
	1.6666666666666666	FT

Conica

Alta	20	°
D/te	197.16	
Le	60.000	In
Le/D	3.000	
te	0.04140	In
Espesor	0.10144	In
Factor A	0.00015	
Factor B	2950	
Pa	19.950	Psi

Espesor de Cabezas Presion Interna

Espesor Conica	0.33721	In
Espesor Elipsoidal	0.11148	In
Espesor Esferica	0.05574	In
Espesor Toriesferica	0.05148	In
L/t	6.000	
M	1.362	

Espesor de Cabezas Cabeza Plana para Presion Interna y Externa

Tapa A		
Espesor		In
v/D		
Tapa B,C,D		
Espesor		In
C		
Espesor Real		In

Salir

Figura 33 "Ventana de resultados"

Tabla simplificada de resultados

	Programa	Manual
Presión interna (Espesor del cilindro)	0.175 in	0.157in
Presión externa (Espesor del cilindro)	0.101 in	0.100 in
D/t	197.1631	200
L/D	3	3
Factor A	0.00015	0.00015
Factor B	2950	2500
Pa	19.950 lb/in ²	16.667 lb/in ²

Presión interna (Espesor de cabezas)		
Cabeza cónica	0.33721 in	0.29379 in
Cabeza elipsoidal	0.11148 in	0.09394 in
Cabeza esférica	0.05574 in	0.04697 in
Cabeza toriesferica	0.05148 in	0.05119 in
Presión externa (Espesor de cabezas)		
Cabeza esférica		
Espesor	0.06 in	0.05 in
Factor A	0.0000375	0.0003125
Factor B	6125	2500
Pa	18.375 lb/in ²	6.250 lb/in ²
Cabeza elipsoidal		
Espesor	0.0513 in	0.05 in
Factor A	0.000321	0.000313

Factor B	5315	2500
Pa	13.633 lb/in ²	6.250 lb/in ²
Cabeza toriesferica		
Espesor	0.057 in	0.05 in
Factor A	0.00035625	0.0003125
Factor B	5750	2500
Pa	16.388 lb/in ²	6.250 lb/in ²
Cabeza cónica		
Alfa	20°	20°
D/te	197.16	200
Le	60in	60 in
Le/D	3	3
te	0.04140 in	0.04081 in
Espesor	0.10144 in	0.1000 in
Factor A	0.00015	0.00020
Factor B	2950	3400
Pa	19.950 lb/in ²	1.667 lb/in ²

Tabla 5 "Tabla final de resultados"

CONCLUSIONES

1. Funciona de manera correcta el programa, se probó en repetidas ocasiones para un mismo cálculo y para un cálculo diferente y no hubo error en los resultados.
2. Al comparar los resultados del programa con los manuales, hay una variación en los datos del factor B, por consiguiente el resultado del espesor y de la presión fueron un poco diferentes. La diferencia aproximada, fue por la interpolación entre datos.

3. Al dejar el programa con su respectivo código fuente de manera libre, esto con el fin de fomentar su posible desarrollo futuro, con mejoras al programa, agregar nuevos módulos y más opciones, así como enriquecer la base datos de materiales, y poder seguir con el cálculo de los recipientes de forma vertical. Con esto al programa se hace mucho más completo.
4. La desventaja es que se trabaja en unidades inglesas, y si se quiere cambiar al sistema internacional el usuario debe hacer todas las conversiones correspondientes.
5. La programación es una herramienta fundamental que considero que como ingenieros debemos de conocer, practicar y estar al tanto. Esto simplifica las tareas, y permite conocer mucho más a fondo la lógica y resolución de los problemas, y no centrar la mayor atención a las memorias de cálculos, ya que una vez aprendidas, se pierde tiempo volviendo a realizar todos los pasos.
6. Finalmente, esta aplicación elaborada en visual basic 6.0 servirá para que los estudiantes de la materia de diseño de equipo practiquen y comparen sus resultados con los manuales.

ANEXO 1

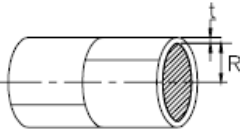
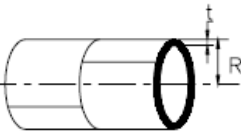
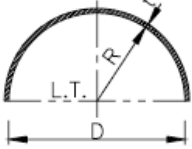
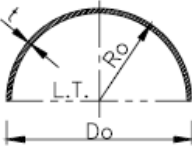
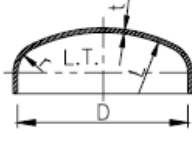
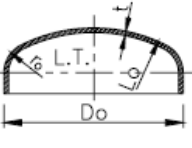
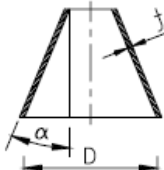
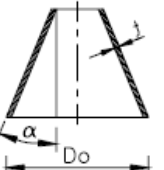
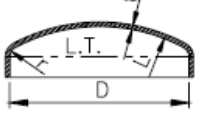
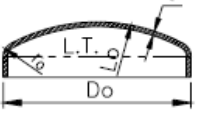
α = ANGULO DEL VERTICE/2 D = DIAMETRO INTERIOR D_o = DIAMETRO EXTERIOR E = EFICIENCIA DE SOLDADURA		r = RADIO DE ESQUINA INT. r_o = RADIO DE ESQUINA EXT. M = FACTOR (VER TABLA) P = PRESION DE DISEÑO L = RADIO INTERIOR DE LA TAPA		R = RADIO INT. R_o = RADIO EXT. S = ESFUERZO EN LA TENSION t = ESPESOR MINIMO REQUERIDO L_o = RADIO EXTERIOR DE LA TAPA															
TABLA FACTOR M	L/r	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	16.67	
	M	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77	
EN FUNCION DE DIMENSIONES INTERNAS										EN FUNCION DE DIMENSIONES EXTERNAS									
 $t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ $P = \frac{SE t}{R + 0.6t}$					 $t = \frac{PR_o}{SE + 0.4P}$ $P = \frac{SE t}{R_o + 0.4t}$					CUERPO CILINDRICO					CUERPO CILINDRICO				
 $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SE t}{R + 0.2t}$					 $t = \frac{PR_o}{2SE + 0.8P}$ $P = \frac{2SE t}{R_o - 0.8t}$					TAPA SEMIESFERICA					TAPA SEMIESFERICA				
 $t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SE t}{D + 0.2t}$					 $t = \frac{PD_o}{2SE + 1.8P}$ $P = \frac{2SE t}{D_o - 1.8t}$					TAPA SEMIELIPTICA 2:1					TAPA SEMIELIPTICA				
 $t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$ $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$					 $t = \frac{PD_o}{2 \cos \alpha (SE + 0.4P)}$ $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D_o - 0.8t \cos \alpha}$					TAPA Y/O SECCION CONICA α MAX. = 30°					TAPA Y/O SECCION CONICA α MAX. = 30°				
 $t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SE t}{rM + 0.2t}$					 $t = \frac{PL_oM}{2SE + P(M - 0.2)}$ $P = \frac{2SE t}{M r_o - t(M - 0.2)}$					TAPA TORIESFERICA ASME					TAPA TORIESFERICA ASME				

Figura 34 "Formulas para el cálculo de recipientes sometidos a presión Interna"

ANEXO 2

ESFUERZO MAXIMO PERMISIBLE DE DISEÑO A LA TENSION EN 1,000 PSI									
ESPECIFICACION DEL MATERIAL		CUANDO LA TEMPERATURA DE DISEÑO NO EXCEDE DE: °F							
NUMERO	GRADO	-20 A 650	700	750	800	850	900	950	1050
SA-283	C	12.7	---	---	---	---	---	---	---
SA-285	C	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5		
SA-515	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-515	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-515	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-515	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-516	55	13.8	13.3	12.1	10.2	8.4	6.5	4.5	2.5
SA-516	60	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-516	65	16.3	15.5	13.9	11.4	9.0	6.5	4.5	2.5
SA-516	70	17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-105		17.5	16.6	14.8	12.0	9.3	6.5	4.5	2.5
SA-181	I	15.00	14.3	12.9	10.8	8.6	6.5	4.5	2.5
SA-350	LF1	15.0	---	---	---	---	---	---	---
	LF2	17.5	---	---	---	---	---	---	---
SA-53	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	---	---
SA-106	B	15.0	14.4	13.0	10.8	8.7	6.5	4.5	2.5
SA-193	B7$\leq 2-1/2''$	25.0	25.0	23.6	21.0	17.0	12.5	8.5	4.5
SA-194	2H	---	---	---	---	---	---	---	---
SA-307	B	---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 35 “Propiedades de algunos materiales de acero al carbón y aceros de baja aleación”

ANEXO 3

Todas las dimensiones están en pulgadas, y el espesor nominal de pared que se muestra está sujeto al 12.5% de tolerancia.

TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO	ESPESOR NOMINAL DE PARED													TAMAÑO NOMINAL DEL TUBO	
	DIAMETRO EXTERIOR	CEDULA 10	CEDULA 20	CEDULA 30	PESO NORMAL	CEDULA 40	CEDULA 60	EXTRA FUERTE	CEDULA 80	CEDULA 100	CEDULA 120	CEDULA 140	CEDULA 160		X FUERTE
1/8	0.405	--	--	--	0.068	0.068	--	0.095	0.095	--	--	--	--	--	1/8
1/4	0.540	--	--	--	0.088	0.088	--	0.119	0.119	--	--	--	--	--	1/4
3/8	0.675	--	--	--	0.091	0.091	--	0.126	0.126	--	--	--	--	--	3/8
1/2	0.840	--	--	--	0.109	0.109	--	0.147	0.147	--	--	--	0.187	0.294	1/2
3/4	1.050	--	--	--	0.113	0.113	--	0.154	0.154	--	--	--	0.218	0.308	3/4
1	1.315	--	--	--	0.133	0.133	--	0.179	0.179	--	--	--	0.250	0.358	1
1 1/4	1.660	--	--	--	0.140	0.140	--	0.191	0.191	--	--	--	0.250	0.382	1 1/4
1 1/2	1.900	--	--	--	0.145	0.145	--	0.200	0.200	--	--	--	0.281	0.400	1 1/2
2	2.375	--	--	--	0.154	0.154	--	0.218	0.218	--	--	--	0.343	0.436	2
2 1/2	2.875	--	--	--	0.203	0.203	--	0.276	0.276	--	--	--	0.375	0.552	2 1/2
3	3.500	--	--	--	0.216	0.216	--	0.300	0.300	--	--	--	0.438	0.600	3
3 1/2	4.000	--	--	--	0.226	0.226	--	0.318	0.318	--	--	--	--	0.636	3 1/2
4	4.500	--	--	--	0.237	0.237	--	0.337	0.337	--	0.438	--	0.531	0.674	4
5	5.563	--	--	--	0.258	0.258	--	0.375	0.375	--	0.500	--	0.625	0.750	5
6	6.625	--	--	--	0.280	0.280	--	0.432	0.432	--	0.562	--	0.718	0.864	6
8	8.625	--	0.250	0.277	0.322	0.322	0.406	0.500	0.500	0.593	0.718	0.812	0.906	0.875	8
10	10.750	--	0.250	0.307	0.365	0.365	0.500	0.500	0.593	0.718	0.843	1.000	1.125	--	10
12	12.750	--	0.250	0.330	0.375	0.406	0.562	0.500	0.687	0.843	1.000	1.125	1.312	--	12
14	14.00	0.250	0.312	0.375	0.375	0.438	0.593	0.500	0.750	0.937	1.093	1.250	1.406	--	14
16	16.00	0.250	0.312	0.375	0.375	0.500	0.656	0.500	0.843	1.031	1.218	1.438	1.593	--	16
18	18.00	0.250	0.312	0.438	0.375	0.562	0.750	0.500	0.937	1.156	1.375	1.562	1.781	--	18
20	20.00	0.250	0.375	0.500	0.375	0.593	0.812	0.500	1.031	1.281	1.500	1.750	1.968	--	20
24	24.00	0.250	0.375	0.562	0.375	0.687	0.968	0.500	1.218	1.531	1.812	2.062	2.343	--	24
30	30.00	0.312	0.500	0.625	0.375	--	--	0.500	--	--	--	--	--	--	30

Figura 36 "Dimensiones de tubería (Espesor nominal de pared)"

ANEXO 4







EFICIENCIA DE SOLDADURAS VALORES DE "E"		NORMAS		
		EFICIENCIA DE LA UNION CUANDO LA JUNTA ESTA RADIOGRAFIADA		
TIPOS DE UNIONES NORMA UW-12		AL	POR	SIN
		100 %	PUNTOS	
	SOLDADURA A TOPE UNIDA CON SOLDADURA POR AMBOS LADOS, O BIEN POR OTRO METODO CON LO CUAL SE OBTENGA LA MISMA CALIDAD DEL METAL DE APORTE EN AMBOS LADOS DE LA SUPERFICIE SOLDADA. SI SE USA LA SOLERA DE RESPALDO, DEBERA QUITARSE DESPUES DE APLICAR LA SOLDADURA Y ANTES DE RADIOGRAFIAR.	1.00	0.85	0.70
	SOLDADURA SIMPLE A TOPE CON SOLERA DE RESPALDO LA CUAL PERMANECERA EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE.	0.90	0.80	0.65
	UNION SIMPLE POR UN SOLO LADO SIN SOLERA DE RESPALDO	---	---	0.60
	UNION TRASLAPADA CON DOBLE FILETE	---	---	0.55
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO Y TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.50
	UNION TRASLAPADA CON FILETE SENCILLO SIN TAPON DE SOLDADURA	---	---	0.45

Figura 37 "Eficiencia con el tipo de junta"

ANEXO 5

UG-28

Código ASME Sección VIII

D1 Parte UG

Requerimientos Generales para todos los métodos

Espesor del Casco a Presión Externa

UCS

Código ASME Sección VIII

Subsección C

Aceros de Baja Aleación

UCS-66

Código ASME Sección VIII

Subsección C

Aceros de Baja Aleación

Materiales Para Temperaturas Bajas de Operación

UHA 51

Código ASME Sección VIII

Subsección C

Aceros de Alta Aleación

UW

Código ASME Sección VIII

Subsección B

Recipientes Soldados

UG-23

Código ASME Sección VIII

D1 Parte UG

Requerimientos Generales para todos los métodos

Valores de Esfuerzo Máximo Permitidos