



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
*ZARAGOZA***

**TEORÍA, CÁLCULO Y PROCURACIÓN DE
TANQUES SEPARADORES.**

T E S I S M A N C O M U N A D A

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A N
GUSTAVO LÓPEZ ALONSO
MOISÉS HERNADÉZ TOLEDO**



MÉXICO D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/020/04

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: LÓPEZ ALONSO GUSTAVO

P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	M. en C. Alejandro Rogel Ramírez
Vocal:	I.Q. René de la Mora Medina
Secretario:	I.Q. Rafael Sánchez Dirzo
Suplente:	M. en C. Andrés Aquino Canchola
Suplente:	I.Q. Judith Ventura Cruz

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 19 de Abril de 2004

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA





**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/020/04

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNO: HERNÁNDEZ TOLEDO MOISES

P r e s e n t e .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	M. en C. Alejandro Rogel Ramírez
Vocal:	I.Q. René de la Mora Medina
Secretario:	I.Q. Rafael Sánchez Dirzo
Suplente:	M. en C. Andrés Aquino Canchola
Suplente:	I.Q. Judith Ventura Cruz

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”

México, D. F., 19 de Abril de 2004

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRÉS AQUINO CANCHOLA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

**Con mucho agradecimiento
A todos los que han contribuido
A mi formación profesional y a
Todos los que de alguna u otra
Manera me ayudaron a la realización
De éste trabajo.**

A toda mi familia y amigos.

Gustavo López Alonso

A la memoria de mi padre.

A mi madre con inmenso amor.

A mis hermanos y sobrinos.

A mis maestros y amigos.

Moisés Hernández Toledo

TEORÍA, CÁLCULO Y PROCURACIÓN DE TANQUES SEPARADORES

INDICE

Introducción.

CAPITULO 1.

Tipos de recipientes separadores de proceso.

CAPITULO 2.

Etapas principales de diseño de los recipientes separadores.

CAPITULO 3.

Bases de diseño generales para los recipientes separadores.

CAPITULO 4.

Procedimiento general de diseño para los recipientes separadores.

CAPITULO 5.

Criterios de longitud-diámetro (L/D) para los recipientes separadores.

CAPITULO 6.

Tiempos de residencia para los recipientes separadores.

CAPITULO 7.

Elementos y accesorios principales para los recipientes separadores.

7.1. Mallas separadoras (demisters) para los recipientes separadores.

7.1.1. Descripción de las mallas separadoras.

7.1.2. Principios de funcionamiento de las mallas separadoras.

7.1.3. Construcción y tipos de mallas separadoras.

7.1.4. Materiales de construcción de las mallas separadoras.

7.1.5. Límites de velocidad y velocidad de diseño para las mallas separadoras.

7.1.6. Eficiencias de separación de las mallas separadoras.

7.1.7. Utilización y aplicación de las mallas separadoras.

7.1.8. Caída de presión para las mallas separadoras.

7.1.9. Instalación de las mallas separadoras.

7.2. Cascarón cilíndrico (carcasa) o envolvente.

7.3. Cabezas o tapas de recipientes separadores de proceso.

7.4. Soporte de los recipientes separadores (silletas o patas).

7.5. Registro de hombre diámetro requerido.

7.6. Boquilla de venteo.

7.7. Boquilla de drenaje.

7.8. Conexiones para válvula de seguridad o disco de ruptura.

7.9. Boquilla para termómetro y manómetro.

7.10. Boquilla para control de nivel.

7.11. Boquilla para conexión de control de presión.

- 7.12. Boquilla para alimentación de mezcla vapor-líquido.
- 7.13. Boquilla para salida de vapor.
- 7.14. Boquilla para salida de la fase líquida ligera y pesada.
- 7.15. Eliminador de remolinos (breaker vortex).
- 7.16. Aislamiento térmico.

CAPITULO 8.

Recipientes separadores vapor-líquido

- 8.1. Criterios de diseño.
- 8.2. Métodos de dimensionamiento para los recipientes separadores verticales vapor-líquido.
- 8.3. Ejemplo de cálculo gráfico para los recipientes separadores verticales vapor-líquido.

Recipientes separadores horizontales vapor-líquido.

- 8.4. Criterios de diseño.
- 8.5. Métodos de cálculo gráfico para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido.
- 8.6. Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido.

CAPITULO 9.

Recipientes separadores verticales vapor-líquido-líquido.

- 9.1. Criterios de diseño.
- 9.2. Criterio de diseño para el cálculo de la altura de recipientes separadores verticales vapor-líquido-líquido.
- 9.3. Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores verticales vapor-líquido-líquido.

CAPITULO 10.

Recipientes separadores horizontales vapor-líquido-líquido.

- 10.1. Criterios de diseño.
- 10.2. Método de cálculo para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido-líquido.
- 10.3. Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido-líquido.

CAPITULO 11.

Diseño mecánico para los recipientes separadores vapor-líquido (recipientes a presión).

- 11.1. Generalidades del código ASME para diseño y construcción de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 11.2. Definición de términos para el diseño mecánico de los recipientes separadores vapor-líquido.
 - 11.2.1. Presión de operación.
 - 11.2.2. Presión de diseño.
 - 11.2.3. Presiones de operación inferiores a la presión atmosférica.
 - 11.2.4. Presión de operación atmosférica.
 - 11.2.5. Temperatura de operación o de trabajo.

- 11.2.6. Temperatura de diseño.
- 11.2.7. Temperaturas máximas de operación de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $340\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 11.2.8. Temperatura de operación inferior a $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 11.2.9. Temperaturas máximas de operación superiores a $340\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 11.3. Materiales de construcción de los recipientes separadores.
- 11.4. Guía para la selección de los materiales de construcción de los recipientes separadores.
- 11.5. Soldadura para los recipientes separadores.
- 11.6. Espesor de cuerpo y tapas de los recipientes separadores.
- 11.7. Inspección y pruebas para los recipientes separadores.
- 11.8. Diseño de silletas soporte para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido.
- 11.9. Ejemplo de calculo de silletas soporte para un recipiente separador horizontal.

CAPITULO 12.

Instrumentación típica de los recipientes separadores vapor-líquido.

- 12.1. Generalidades de instrumentación en los recipientes separadores vapor-Líquido.
- 12.2. Instrumentos comunes usados en los recipientes separadores vapor-líquido.
- 12.3. Control automático de nivel. para los recipientes separadores vapor-líquido.
 - 12.3.1. Control proporcional.
- 12.4. Indicador de presión (PI).
- 12.5. Vidrio de nivel (LG).
- 12.6. Válvula de seguridad de presión (PSV).
- 12.7. Indicador de temperatura (TI).
- 12.4. Dibujo con instrumentación típica de un recipiente separador vertical vapor-líquido con demister.
- 12.5. Dibujo con instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor-líquido con demister.
- 12.6. Dibujo con instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor y dos líquidos inmiscibles con pierna de separación.
- 12.7. Dibujo con instrumentación típica de un recipiente separador vertical vapor-líquido incorporada a un proceso productivo.
- 12.8. Dibujo con instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor-líquido incorporada a un proceso productivo.

CAPITULO 13.

Costo de los recipientes separadores vapor-líquido.

- 13.1. Generalidades de costo de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 13.2. Método gráfico modular para el estimado de costos de los recipientes separadores verticales y horizontales vapor líquido.
- 13.3. Método de cálculo de costo de separadores vapor-líquido, basado en su peso propio.
- 13.4. Ejemplo de cálculo del costo de un recipiente separador vapor-líquido, en posición horizontal basado en la técnica modular.
- 13.5. Ejemplo de cálculo del costo de un recipiente separador vapor-líquido, en posición vertical basado en la técnica modular.

CAPITULO 14.

Métodos de fabricación de los recipientes separadores vapor- líquido construidos en diversos metales.

CAPITULO 15.

Procedimiento de compras para los recipientes separadores vapor-líquido.

- 15.1. Generalidades.
- 15.2. Función del departamento de compras.
- 15.3. Responsabilidades del departamento de compras.
- 15.4. Objetivos de la procura.
- 15.5. Alcance del trabajo de compras.
- 15.6. Terminología utilizada en la procuración de recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.7. Elaboración del procedimiento de compras para los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.8. Elaboración de un programa de compras para los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.9. Secuencia de actividades para la adquisición de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.10. Definición de términos y condiciones de compra de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.11. Información para la cotización de los recipientes separadores vapor-líquido.
 - 15.11.1. Elaboración de la requisición para los recipientes separadores vapor-líquido.
 - 15.11.2. Elaboración de hoja de datos y diagrama mecánico de un recipiente separador vapor-líquido.
 - 15.11.3. Diagrama mecánico de un recipiente separador horizontal vapor-líquido.
 - 15.11.4. Elaboración de especificaciones generales de los recipientes separadores vapor-líquido.
 - 15.11.5. Elaboración de la solicitud de cotización de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.12. Cotización de un recipiente separador por parte de varios proveedores.
- 15.13. Elaboración de una tabla técnica comparativa y comercial de un recipiente separador vapor-líquido.
- 15.14. Elaboración de preguntas técnicas y comerciales a los proveedores de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.15. Recomendación técnica y comercial de los recipientes separadores vapor-líquido.
- 15.16. Dictamen de selección de compra de un recipiente separador vapor-líquido.
- 15.17. Colación del pedido de un recipiente separador vapor-líquido.

Conclusiones y recomendaciones de los recipientes separadores vapor-liquido.

Bibliografía.

INTRODUCCION

El conocimiento del diseño y construcción de plantas químicas y petroquímicas se considera a menudo la esencia de la ingeniería química, por lo que ésta se ocupa de los procesos industriales en los cuales las materias primas se transforman o separan en productos útiles. El ingeniero químico tiene que estudiar, desarrollar, diseñar y llevar a cabo algunas partes del proceso, así como del equipo utilizado en el mismo, tiene que elegir las materias primas adecuadas y hacer operar las plantas con eficiencia, seguridad y economía, teniendo en cuenta que sus productos han de cumplir con las condiciones exigidas por los consumidores y con las normas y especificaciones emitidas por organismos privados y gubernamentales.

Debido a la diversidad y magnitud de los procesos industriales en que se requiere los servicios de ingenieros químicos, es necesario limitarse a algunas partes en las que interviene; tales como: investigación, diseño, operación, ventas, compras y administración de tal manera que logre un completo desarrollo en el área elegida para desenvolverse y lograr ser útil a la sociedad.

En los últimos años, en nuestro país y en muchos otros países del mundo se ha dado un rápido crecimiento en la industria petroquímica, llegando a hacer de este producto el principal factor de desarrollo económico y única fuente de divisas, de tal manera que, para lograr este objetivo se ha tenido que desarrollar una tecnología que vaya de acuerdo con los retos que ésta representa; siendo la ingeniería básica, de detalle y procuración, soportes muy importantes para el desarrollo de tecnologías; aunque en nuestro país la ingeniería de detalle ha tenido un mayor auge, y en esta parte el ingeniero químico juega un papel muy importante ya sea como ingeniero de proceso o de proyectos.

La ingeniería de proyectos requiere de conocimientos amplios y variados de todos los tipos de recipientes que intervienen en las plantas de proceso, tales como: reactores, cambiadores de calor, torres de destilación, evaporadores, todo tipo de tanques, etc. , por la frecuencia con que aparecen y por su necesidad en todo tipo de procesos, dentro de los muchos existentes se pueden mencionar a la industria petroquímica, alimenticia, azucarera, bebidas embotelladas, farmacéutica, cervecera, etc., la ingeniería de recipientes no sólo es una rama de la ingeniería, sino que ha llegado a ser una especialidad, donde convergen varios conocimientos afines a distintas ramas de la ingeniería como son: resistencia de materiales, corrosión, las ingenierías mecánica, civil y química, la fisicoquímica, etc..., con esto nos podemos dar cuenta de la importancia que tiene para un proyecto determinado la intervención de personal con conocimientos de la ingeniería de los recipientes.

El objetivo del presente trabajo de tesis es de diseñar recipientes para procesos, los cuales proporcionan capacidades (volúmenes) para una serie de fines del proceso, para lo cual se requiere del conocimiento de la finalidad del proceso, de los materiales, las sustancias y los productos que se manejan, los métodos de fabricación, y de los numerosos factores de diseño. También tomaremos en cuenta los conceptos básicos, prácticas industriales y relaciones teóricas usadas en el diseño de equipo de proceso.

Muchas de estas consideraciones e informaciones son vitales y ampliamente mostradas en la literatura técnica, boletines industriales, códigos de diseño y manuales; por lo que este trabajo tiene también la intención de servir como guía para el estudiante de ingeniería de proyectos y para ingenieros diseñadores de tal manera que se logre un equipo de proceso eficiente y económico.

El diseño, fabricación, pruebas, inspección, procuración y mantenimiento de los recipientes a presión es una práctica común y se hace notorio, considerando la gran cantidad de códigos que hay en el mundo y la similitud entre ellos, de tal manera, que el primer paso en el diseño de un recipiente a presión es la selección apropiada de un código, que además de ser satisfactorio, proporcione seguridad y confiabilidad, porque cuando no existían éstos códigos ocurrían numerosos accidentes de consecuencias

frecuentemente desastrosas, por lo tanto, a partir del año en que se aprobó el código de calderas y recipientes a presión, ASME (American Society of Mechanical Engineers), se han podido superar las dificultades que encierra el conocimiento de los recipientes a presión.

El código ASME de calderas y recipientes a presión consta de una serie de secciones, de las cuales únicamente la sección VIII es de nuestro interés la cual se refiere a recipientes a presión (Pressure Vessels). La sección VIII del código se compone de dos divisiones, la división 1 trata del diseño, fabricación, inspección, mantenimiento y pruebas de un recipiente a presión y la división 2 que es una modificación a la división 1, proporciona un conjunto de reglas alternativas con nuevos requerimientos y a otros los señala más severos para tener un diseño balanceado, que resulta en recipientes con una calidad mayor o igual a los recipientes construidos de acuerdo a la división 1.

Los límites de esta tesis están condicionados exclusivamente a recipientes separadores líquido-líquido y vapor-líquido por ser éstos algunos de los más comunes en todo tipo de procesos y por ser de incumbencia particular del ingeniero químico dentro de la ingeniería de proceso, también limitaremos el estudio de los recipientes al nivel con que aquí se tratan y los métodos para llegar a los espesores del cuerpo y tapas y dimensiones finales del equipo.

Los factores de separación física entre fases o decantación y tiempos de residencia siempre deben ser tomados en cuenta y son los que vamos a considerar; aunque pueden aparecer todas las combinaciones de fases (gas-líquido, líquido-líquido, gas-sólido, etc.) analizaremos tan sólo dos de los casos más frecuentes en las industrias de proceso: vapor-líquido y líquido-líquido no emulsionados, el caso de las emulsiones no será estudiado por ser un fenómeno fisicoquímico que no puede ser eliminado por simples medios físicos (la fuerza de gravedad) que son los únicos que aquí consideramos.

Una vez que los tanques de proceso han sido diseñados mecánica y termodinámicamente en forma total o parcial, según su uso, en algunos casos el mismo proceso puede reducir las alternativas de tamaño, forma, perfil geométrico (longitud-diámetro), partes interiores, materiales de construcción, posición y peso del equipo, en otros casos dentro de un diseño más económico, hacer uso de todas las alternativas posibles para llegar a la elección más adecuada en cada uno de estos renglones. El costo se optimizará en base al peso mínimo de los recipientes cilíndricos, despreciando el costo de cimentación y terreno, por considerarse prácticamente invariables con el cambio en proporción a la longitud-diámetro. Tomándose en cuenta además el material que se ocupa en la fabricación de las tapas.

Una vez que se ha establecido lo anterior se procede a efectuar los trámites necesarios para la realización de procuración de los tanques de proceso, es decir, comprar a un costo razonable los tanques de proceso, materiales y accesorios necesarios para entregarlos en un tiempo razonable es una de las fases más importantes en la construcción de plantas de proceso, normalmente este trabajo es realizado por el departamento de procuración de una organización de ingeniería con la ayuda y consejo de un ingeniero de proyecto, un ingeniero de procuración y un ingeniero en ventas o bien por personal capacitado en plantas ya en operación.

El presente trabajo está dividido en quince capítulos en los cuáles se trata con mayor profundidad la Teoría, Cálculo y Procuración de Tanques Separadores de una forma más detallada; en los capítulos iniciales se reúnen todos los elementos teóricos necesarios para la definición de éstos equipos, posteriormente se exponen los métodos de diseño termodinámico y mecánico, instrumentación y costo y finalmente se da un procedimiento de compras para éstos tanques separadores.

CAPÍTULO 1

TIPOS DE RECIPIENTES SEPARADORES DE PROCESO

Debido a la gran cantidad de procesos químicos, petroquímicos, alimenticios, farmacéuticos, etc., los tipos de recipientes se hacen muy extensos y a su vez éstos han cubierto con gran acierto las necesidades existentes en los procesos. Los recipientes se pueden clasificar desde varios puntos de vista, tales como: la posición, uso en el proceso, presión y temperatura de trabajo, forma, tipo de tapas, tamaño, tipo de soporte, tipo de material con que se construye, la geometría del recipiente, etc.

- De acuerdo a su función, pueden ser para almacenamiento, para destilación, para decantación de mezclas, para intercambio de calor, etc.
- De acuerdo a su forma geométrica son de dos tipos principalmente: cilíndricos y esféricos, los recipientes cilíndricos pueden ser verticales u horizontales.
- Los recipientes horizontales son aquellos que descansan sobre dos soportes (silletas), un recipiente horizontal clásico es el denominado salchicha, estos recipientes normalmente se utilizan como acumuladores, ya sea de reflujo de vapor o de sustancias que provienen de equipos especiales, etc.; dentro de los recipientes verticales, se encuentran una gran variedad, aunque los típicos son los reactores y columnas.

De acuerdo con el tipo de soporte, pueden ser recipientes soportados directamente sobre la cimentación, por patas, por ménsulas, por silletas o por columnas, por faldones cónicos o rectos, etc. Desde un punto de vista de diseño se requiere una clasificación que coincida con el tratamiento que se debe seguir para el cálculo y el detalle. Esta clasificación debe de tomar en cuenta las variables esenciales para el diseño, como son la presión y la temperatura y además dar una idea de la forma y disposición final del equipo.

En la figura 1.1 se da una posible clasificación de los recipientes de proceso en la industria petroquímica.

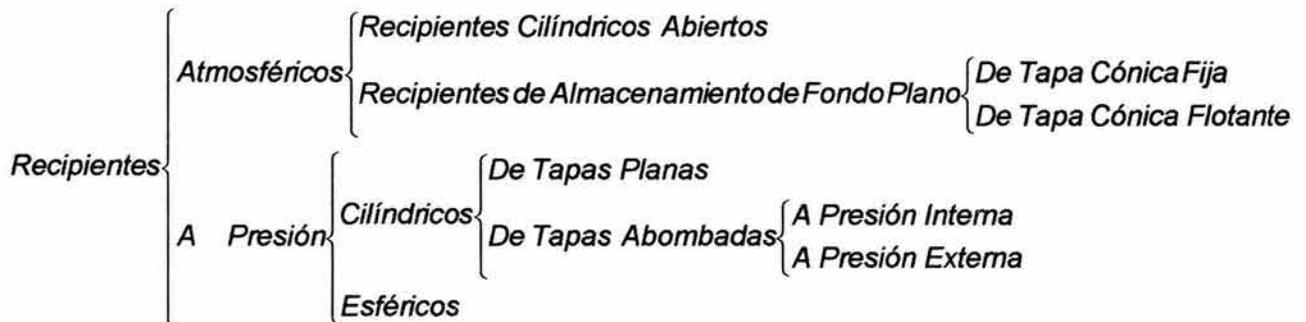


Figura 1.1 Clasificación de recipientes de proceso.

Los tipos comúnmente usados se pueden considerar como recipientes abiertos y cerrados. Los recipientes abiertos se usan normalmente como tanques de retención entre operaciones del proceso, en secuencias intermedias se usan como tanques mezcladores, homogenizadores, tanques de reposo, etc.; evidentemente este tipo de recipientes son más baratos que los recipientes cerrados de la misma capacidad, aunque presentan serios inconvenientes debido principalmente a la fácil contaminación del producto contenido. La mayor parte de estos recipientes se construyen de acero al carbón y para grandes volúmenes de fluidos como el agua, o las soluciones diluidas de sales, se pueden usar también tanques de concreto o madera, aunque paulatinamente estos equipos desaparecen de las grandes industrias y ocasionalmente se encuentran en pequeños procesos.

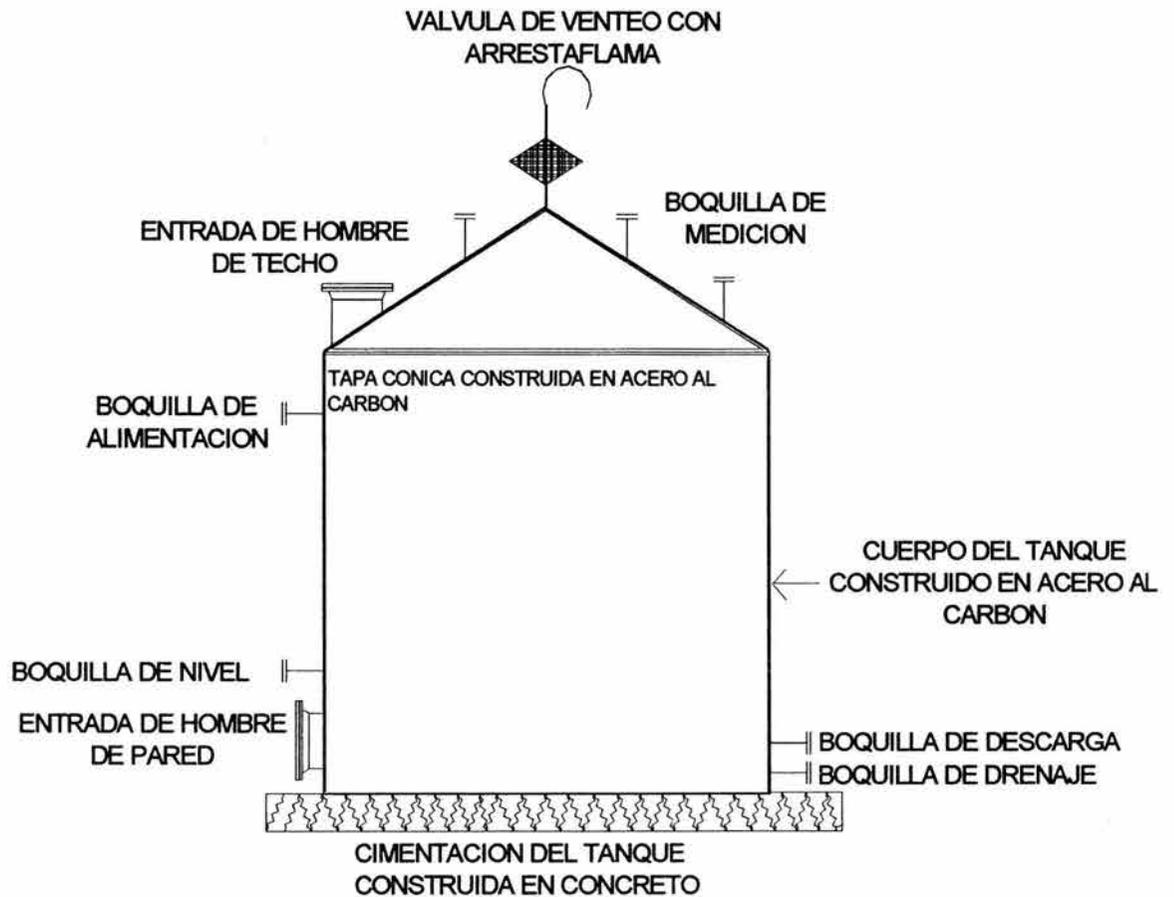
Los recipientes cerrados manejan fluidos tales como: combustibles tóxicos u ofensivos, ácidos, gases, etc., en los cuales se requiere que el producto no se contamine, ni contamine otros fluidos y materiales del proceso, también se requiere que no represente ningún peligro para todo el personal que labora en las plantas y que no cause problemas ambientales. Los recipientes cerrados pueden actuar a presión atmosférica como en el caso de los recipientes de almacenamiento de fondo plano se usan esencialmente para combustibles derivados del petróleo; o bien pueden actuar a presiones más bajas o más altas que la atmosférica cayendo en cualesquiera de las categorías siguientes: recipientes de tapas abombadas o recipientes esféricos y esferas modificadas.

Los recipientes cilíndricos de tapas abombadas, son los más usados en condiciones de presión interna o externa, ya sean medias o severas, prácticamente todos los recipientes de proceso caen dentro de esta categoría: torres en destilación, cambiadores de calor, evaporadores, cristalizadores, acumuladores, separadores líquido-vapor, reactores, tanques de balance, tanques de almacenamiento de gases, absorbedores, etcétera.

Sólo en aquellos casos en los que la presión, el volumen almacenado o las características de operación a realizar lo requieren, se adoptan formas especiales como las esferas y sus modificaciones. Los recipientes esféricos se usan para el almacenamiento de grandes volúmenes de fluidos bajo presiones moderadas, principalmente gases a temperaturas y presiones normales, tales como: gas natural, butano, isobutileno, hidrógeno, amoniaco, y muchos otros productos petroquímicos. El almacenamiento de los gases en este tipo de recipientes es más económico que en otro tipo de equipos.

En las figuras 1.2 a la 1.6, se muestran algunos tipos de recipientes.

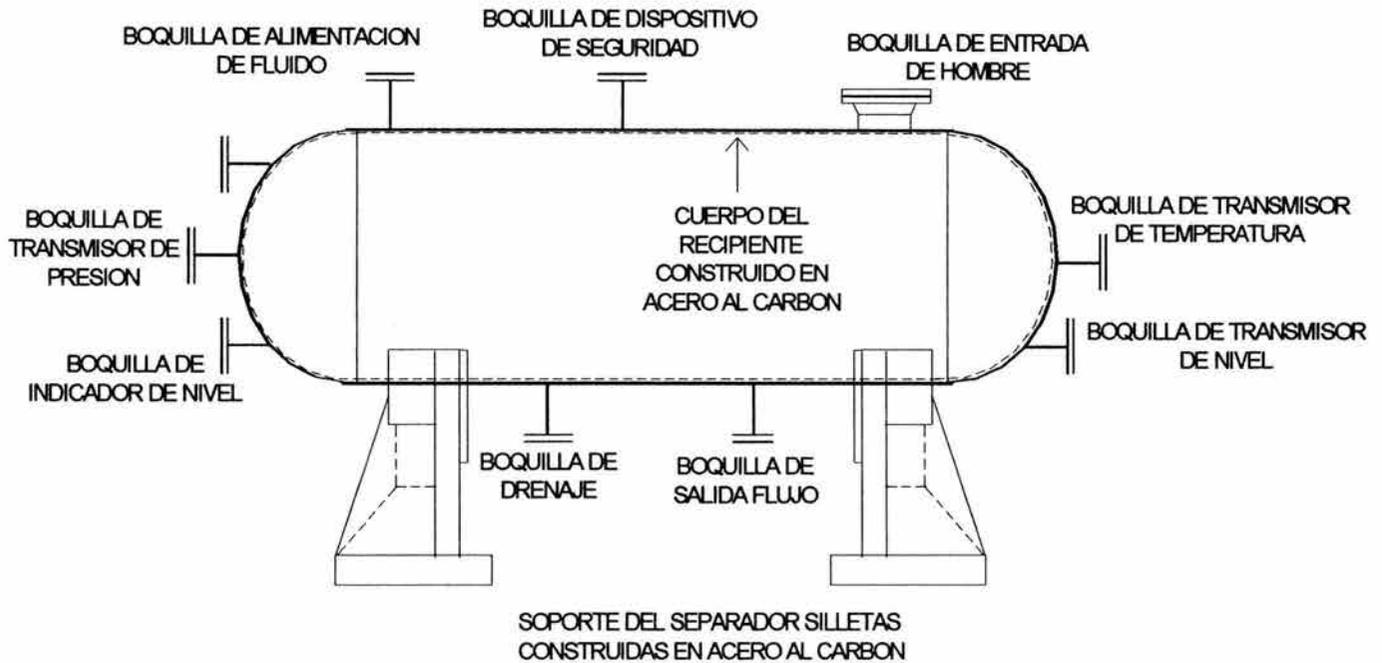
Figura 1.2 Tanque atmosférico cerrado.



Este recipiente puede ser clasificado por:

- A. Su forma de soporte (cimentación)
- B. Por su posición (vertical)
- C. Por su presión de operación (atmosférico)
- D. Por su geometría (cilindro vertical)
- E. Por su función (atmosférico de almacenamiento de tapa fija)

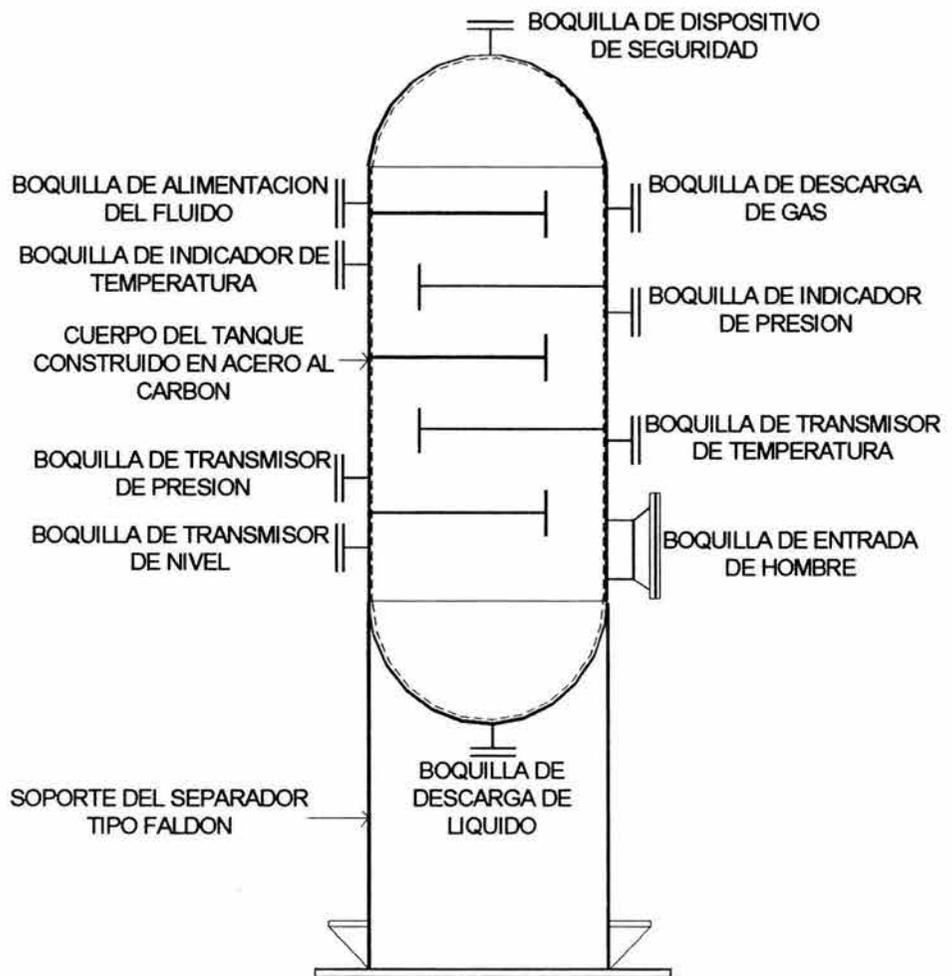
Figura 1.3 Recipiente horizontal.



Este recipiente puede ser clasificado por:

- A. Su forma de soporte (silletas).
- B. Por su posición (horizontal)
- C. Por su presión de operación (recipiente a presión)
- D. Por su función (separador líquido-vapor, tanque de balance).
- E. Recipiente (a presión cilíndrico de tapas abombadas a presión interna).

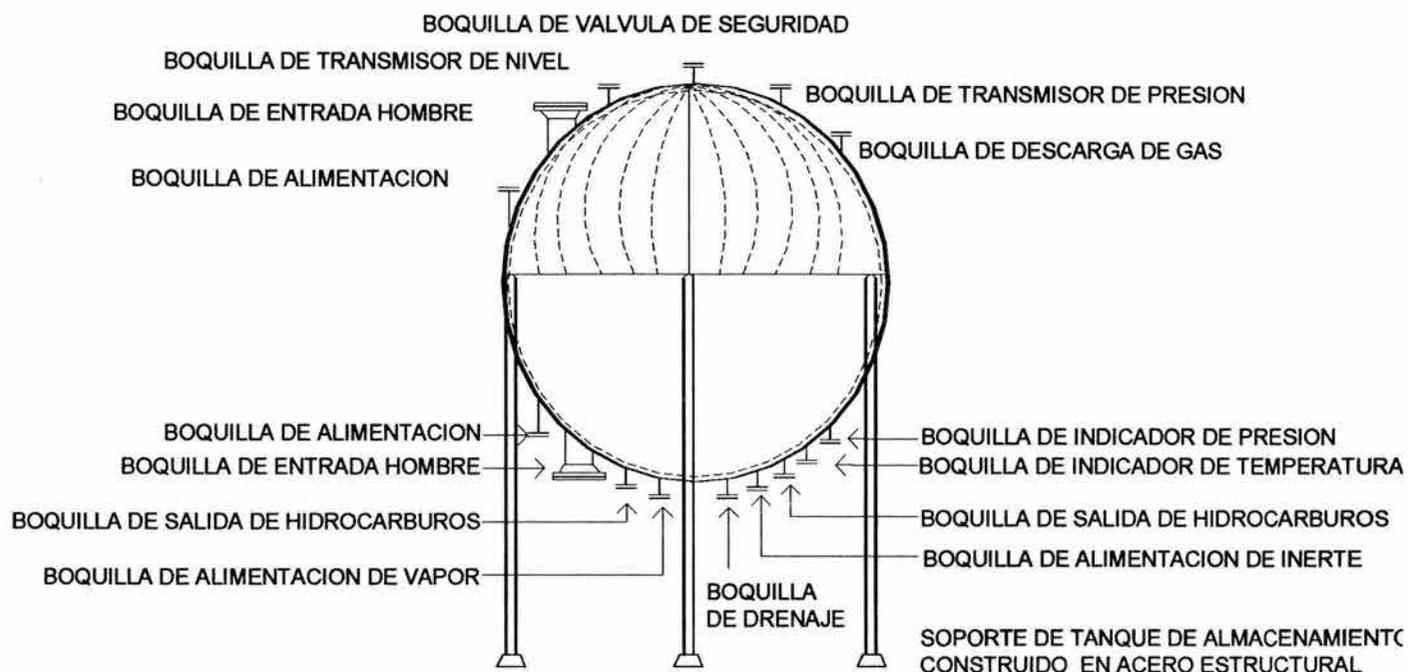
Figura 1.4 Recipiente vertical.



Este recipiente puede ser clasificado por:

- A. Su forma de soporte (faldón cónico).
- B. Por su posición (vertical)
- C. Por su presión de operación (recipiente a presión)
- D. Por su función (separador líquido-vapor).
- E. Recipiente (a presión cilíndrico de tapas abombadas a presión interna).

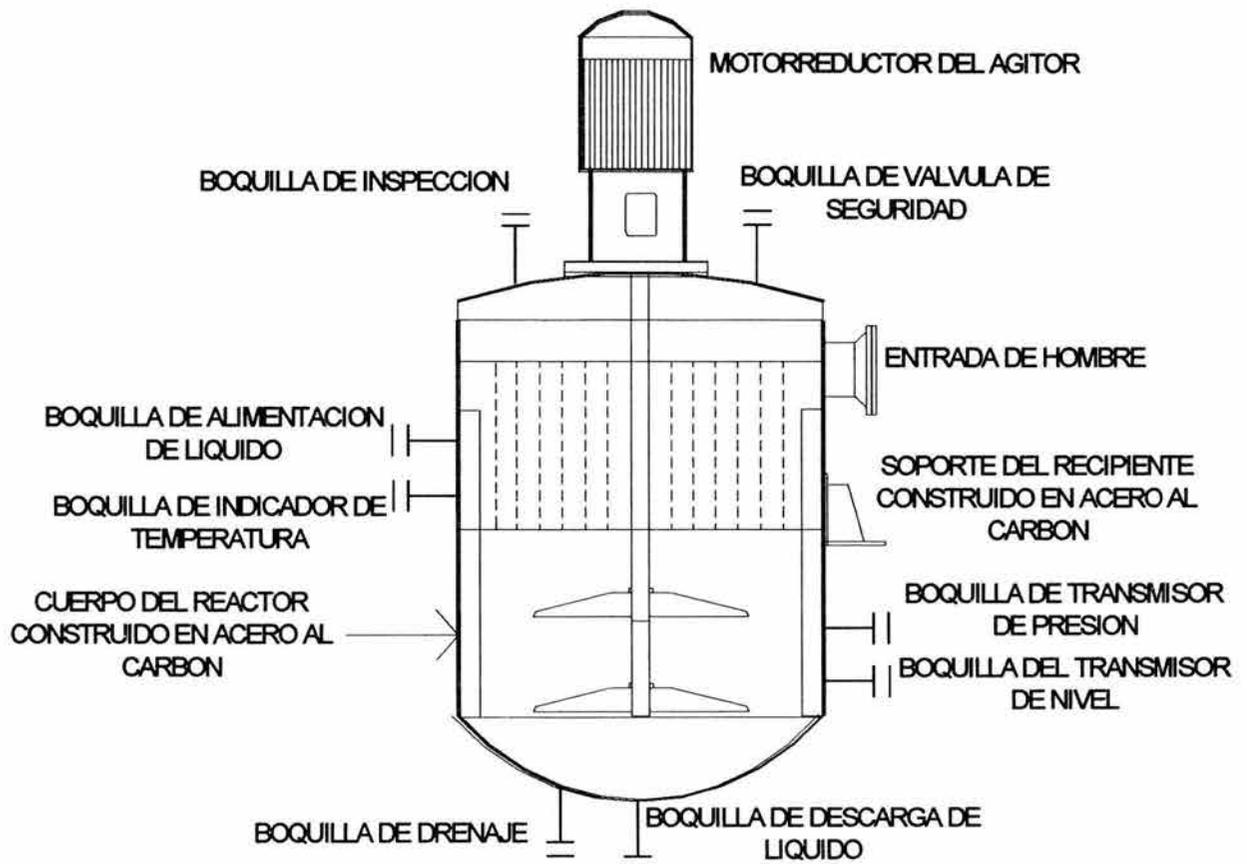
Figura 1.5 Recipiente esférico.



Este recipiente puede ser clasificado por:

- A. Su forma de soporte (por patas).
- B. Por su posición (vertical)
- C. Por su presión de operación (a presión)
- D. Por su función (almacenamiento de gases a presiones moderadas).
- E. Por su forma (esfera).

Figura 1.6 Reactor tipo tanque agitado.



Este recipiente puede ser clasificado por:

- A. Por su posición (vertical).
- B. Por su presión de operación (recipiente a presión).
- C. Por su función (reactor tipo tanque agitado).
- D. Por su forma de soporte (ménsulas).

CAPITULO 2

ETAPAS PRINCIPALES DE DISEÑO DE LOS RECIPIENTES SEPARADORES

Este capítulo tiene la finalidad de proporcionar un panorama general de las actividades que genera el diseño de los recipientes separadores líquido-vapor, vapor-líquido-líquido y líquido-líquido; así como las implicaciones que acarrea cada una de ellas, haciendo hincapié en la actitud y postura que debe tener el diseñador para mantenerse siempre ubicado en el contexto general del desarrollo tecnológico de estos equipos. Asimismo se describe una metodología de tipo lógico y general para llevar a cabo cada una de las etapas del diseño, la cual lo considera como un proceso interactivo tanto desde el punto de vista teórico, de diseño y procuración (fabricación).

2.1 Necesidades y el proceso de diseño

El diseño de equipo debe entenderse como un proceso, es decir, como un conjunto de actividades de índole diversa, que se realizan con un orden lógico bien establecido y en ocasiones con carácter formativo, que van desde la necesidad de diseño, hasta la selección de materiales de construcción y la fabricación del equipo, diseño mediante cálculos técnicos detallados lo más confiables posible, así como un método de procuración basado en el diseño.

Ahora bien, todo proceso tiene que llevarse a cabo físicamente en un equipo que ha sido diseñado especialmente para satisfacer una serie de necesidades específicas, es decir, la separación física de fases líquido-vapor por medio de la fuerza de gravedad. El diseño de los recipientes separadores es una parte de un sistema tecnológico, para visualizar el proceso de diseño se ha establecido un modelo que muestra sus componentes, insumos y producto final (fabricación).

Los insumos principales en una organización de ingeniería son: de tipo administrativo, operativo y auxiliar; los factores del proceso del diseño son: los ingenieros de diseño, información técnica, procedimientos de cálculo, procedimientos de trabajo, técnicas de representación, medios técnicos (computadora) y condiciones adecuadas de trabajo. El proceso de diseño de los tanques separadores en sí, es constituido por varias etapas de cálculo, en las cuales reciben la acción de los procesos administrativos y de los soportes auxiliares.

Por ejemplo, en una organización de ingeniería, el ingeniero de proceso calcula las dimensiones del recipiente (longitud-diámetro), materiales de construcción, boquillas, etc., el ingeniero mecánico determina el espesor de placa y soporte de los tanques (patas o silletas) y hace el diagrama mecánico definitivo, el departamento de instrumentación junto con el de proceso determina el control del equipo, el departamento eléctrico proporcionará el suministro eléctrico para los instrumentos, el departamento de administración determina el número de horas que se utilizarán en el diseño del equipo de todos los departamentos, el departamento de compras ejecuta la procuración definitiva al proveedor, cabe mencionar que en todas las actividades de los diferentes departamentos intervienen en forma activa, el ingeniero de proyecto, el gerente de proyecto, el cliente y los proveedores.

El diseño de los tanques en su etapa inicial, que es la que plantea el problema del diseño del equipo, en función de las necesidades del proceso, debe captar la información disponible que se encuentre y si es necesario se procede a clasificarla. La segunda etapa consiste en establecer las especificaciones del diseño, que consisten en numerar cuantitativa y cualitativamente los requerimientos de todo tipo (técnicos, de costo de fabricación, operativos, del equipo, de calidad y del producto obtenido con este equipo, etc.). Al concluir esta segunda etapa se ha establecido en forma concreta el propósito del diseño del equipo de separación.

Paradójicamente, al final de esta etapa se encuentra el diseñador en un punto *cero*, pues tendrá que encontrar el camino, desde un enfoque técnico para dar solución al problema de dimensionamiento y procura, y también se tendrá que organizar e instrumentar un grupo de trabajo (un grupo de ingeniería, por ejemplo). Esta etapa denominada función estructural la que requiere en mayor parte de la creatividad del diseñador y es también la que tiene mayor influencia sobre el éxito del proceso de diseño de los tanques separadores, a partir de este momento se inicia un proceso de tipo espiral, en y a través de las siguientes etapas del proceso de diseño.

En la siguiente etapa debe replantearse el concepto en el cual descansará el diseño a realizar, la etapa posterior deberá consistir en efectuar un arreglo preliminar del equipo a diseñar, indicando cada uno de los componentes constitutivos, su función y la forma o procedimiento de cálculo (técnico) con los que se efectuará el dimensionamiento. Lógicamente la última etapa consiste en efectuar los cálculos que permitirán el arreglo dimensionado del equipo para la industria petroquímica, en esta etapa debe tomarse también en cuenta la disponibilidad de materiales de construcción, además de analizar la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Finalmente se deben elaborar los dibujos detallados de ensamble de equipo recién dimensionado, para ello es necesario considerar los siguientes aspectos: elementos constitutivos del equipo, métodos de fabricación y ensamble, tolerancias de construcción y pruebas, y por supuesto, el dimensionamiento y dibujo detallado de cada una de las partes componentes del equipo.

2.2 Variables y parámetros de diseño

Antes de iniciar el diseño de los tanques separadores es necesario visualizar claramente cuáles serán los parámetros y variables a considerar. Debe entenderse por parámetros de diseño aquel conjunto de datos fijos que no puede modificar el diseñador durante sus cálculos, porque están definidos previamente en el proceso en que operará el equipo, por parte del ingeniero de proceso (balances de materia, energía y otros) que es el encargado de proporcionarlos.

Generalmente estos parámetros de diseño están consignados en el documento denominado bases de diseño, emitidas por el ingeniero de proceso, las bases de diseño se contemplan en capítulos posteriores. Las variables de diseño en los tanques separadores dependen del proceso de separación líquido-vapor, del tipo de equipo seleccionado (tanques flash, acumuladores de reflujo, decantadores, tanques de balance, etc), de las condiciones de operación del mismo (temperatura, presión, densidad del líquido y vapor, flujos volumétricos del líquido y vapor, de si el recipiente usa malla separadora o no, etc) y de los métodos de cálculo, aunque en ocasiones pueden depender de las limitaciones impuestas por los materiales de construcción y los procedimientos de fabricación de los equipos (diámetro y espesor de un tanque separador).

Ahora bien, la definición del valor de cada una de las variables de diseño, así como la combinación factible de las mismas, es una herramienta de la cual se dispone para obtener un equipo más económico, fácil de operar y con rendimientos satisfactorios. Como consecuencia final, es tarea del diseñador definir las variables de diseño y su valor.

2.3 Criterios de diseño

Estos criterios son las consideraciones de tipo general que se aplican constantemente durante la realización de los cálculos y se definen en forma definitiva con el ingeniero de proceso, el ingeniero de proyecto y los especialistas, estos criterios son de varios tipos:

- A. Sobrediseño en el flujo manejado en el equipo y correspondiente a un porcentaje adicional al flujo normal, vale la pena hacer hincapié que al introducir una serie sucesiva de factores de sobrediseño, tal vez innecesario, trae como consecuencia un incremento en las dimensiones del equipo en cuestión, por lo que es necesario cuidar este aspecto y evitar así la elevación del precio del equipo.

2.4 Selección de los métodos de cálculo

En términos generales los métodos de cálculo pueden ser de varios tipos y los más importantes para nosotros son:

- A. *Simplificados y rigurosos*. Ambos métodos toman en cuenta los parámetros y variables de diseño esenciales del equipo, sólo que los rigurosos lo hacen en forma más detallada, dependiendo de la validez de las consideraciones que se realicen en los métodos simplificados, pueden ser tan confiables como los rigurosos, ambos métodos pueden descansar en un modelo matemático y en la experimentación.
- B. *Analíticos o empíricos*. Puede considerarse un método como analítico si es que se basa principalmente en ecuaciones obtenidas de un modelo matemático y no requieren en gran medida de correlaciones empíricas o de datos experimentales.

Ahora bien, los métodos de cálculo pueden ser reportados en fuentes diversas:

1. Literatura abierta, como libros revistas, etc.
2. Catálogos o proveedores.
3. Reportes empresariales o de información técnica y de investigación.
4. Documentos técnicos o de membresías privadas o centros de investigación y desarrollo.
5. Patentes, aunque generalmente no se encuentran los métodos de cálculo propiamente dichos, sino los parámetros y variables de diseño en forma muy general.

Finalmente los criterios de selección de los métodos de cálculo pueden resumirse en:

1. Accesibilidad a las fuentes de información.
2. Aplicabilidad de los métodos localizados.
3. Confiabilidad de los resultados.
4. Medios disponibles para su aplicación (computadora, laboratorio y planta piloto).
5. Disponibilidad de tiempo para obtener resultados confiables.

2.5 Estrategias de diseño

Se denomina estrategia de diseño a la forma de manejar los diferentes métodos de cálculo, su orden de aplicación y el tipo de correlaciones por emplear, etc, y se dividen en:

- *Estrategias de diseño propiamente dicho*. En este caso el diseñador parte de las condiciones, variables y parámetros a la entrada y salida del equipo para encontrar las dimensiones y características del mismo (DFP y DTI'S), asimismo se requiere que antes de iniciarse otras etapas de cálculo de los recipientes separadores se requiere definir la estrategia de diseño a seguir, para ello habrá que tomar en cuenta:
 - A. La rigurosidad deseada en el diseño del equipo
 - B. Confiabilidad en la operación requerida del equipo.
 - C. Medios disponibles para efectuar el diseño del equipo (tales como especialistas en el diseño de recipientes o bien computadoras).

2.6 Comprobación de resultados

Esta comprobación se llevará a cabo tanto para el diseño termodinámico como para el mecánico de los tanques separadores y posteriormente se comprará el equipo, en base a las hojas de datos, requisiciones, tabulaciones de cotizaciones técnicas y comerciales, especificaciones de ingeniería, planos detallados de fabricación; la comprobación puede realizarse empleando distintos medios:

1. Cotejando los resultados con la bibliografía abierta que muestre equipos similares en plantas que ya estén operando.
2. Revisión de catálogos de proveedores de equipo para analizarlos e incorporar sus experiencias.
3. Consultas y pláticas con los especialistas en el diseño de equipo de separación.

2.7 Procuración

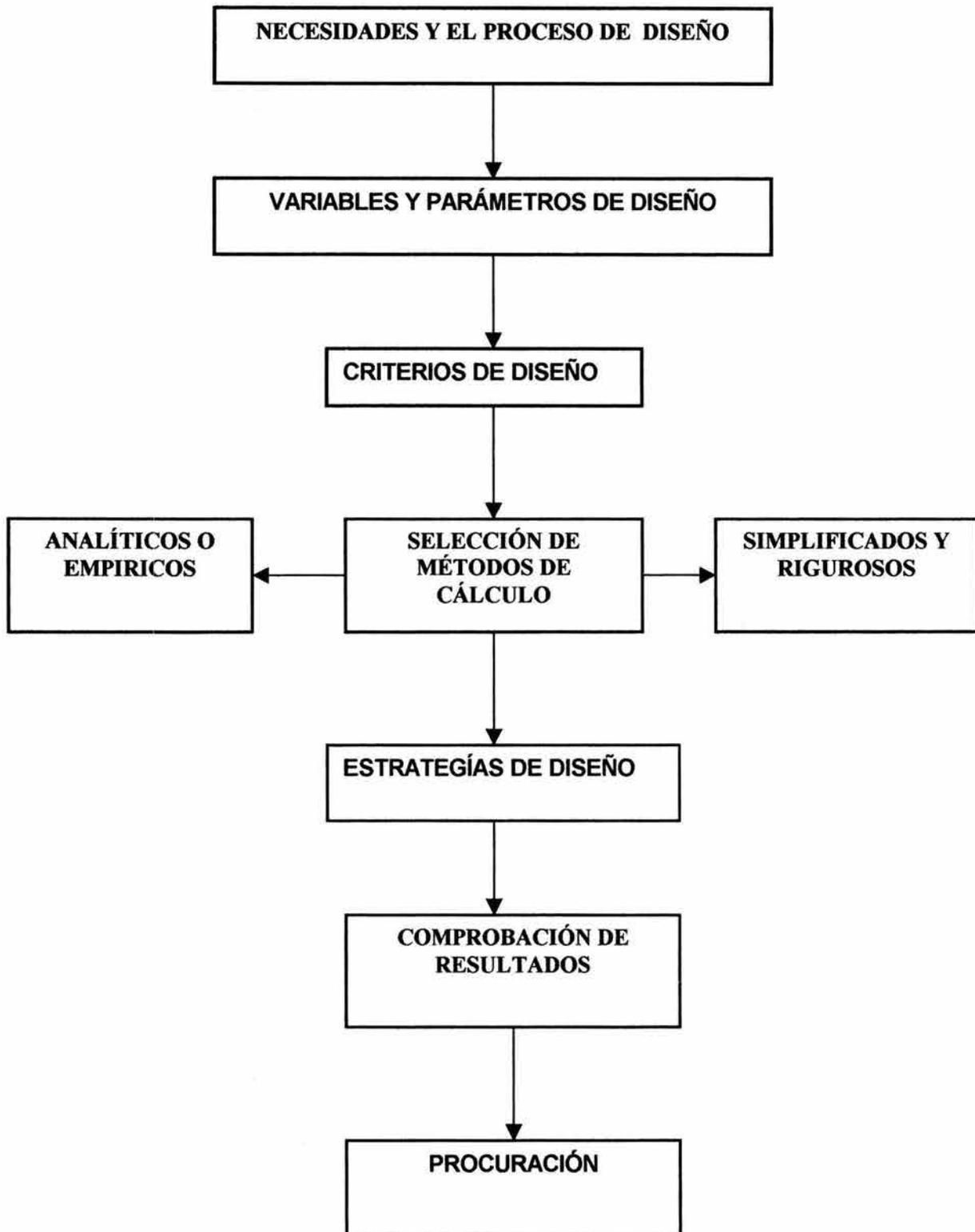
Cuando el recipiente sólo proporciona volumen para efectuar una decantación o suministrar un tiempo de retención o una simple separación líquido-vapor, únicamente quedan fijadas las condiciones de sección y/o volumen mínimo, el cual se puede obtener con infinitas proporciones de longitud-diámetro, entre las que hay que escoger la más conveniente, esta elección es la que se efectúa primordialmente mediante criterios de mínimo coste, aunque pueden influir factores como disponibilidad de materiales, montajes, arreglo de tuberías, control, cimentaciones, etc.

Una vez que se han logrado todos los cambios y las condiciones son apropiadas para la correcta operación de la planta y una vez que se han definido los tanques separadores, materiales, accesorios e instrumentos que intervendrán en el proceso de dicha planta, se procede a efectuar los servicios de procuración o compra para lograr la adquisición de los tanques separadores. Es importante mencionar que no solo se efectuarán las compras sobre equipo exclusivo como los tanques separadores, sino de todos aquellos concernientes a la operación de las plantas, tales como equipos mecánicos, eléctricos, instrumentos, estructuras y materiales, entendiéndose a estos últimos como aquellos que permitirán la terminación final de la planta, como son: Tuberías, válvulas, conexiones, cables, material eléctrico y algunos otros accesorios indispensables para la operación de la planta.

La ingeniería de procuración de los tanques separadores a un precio razonable se hace después de haber hecho la comparación entre varios proveedores, y cuidar que los materiales e instrumentación sea entregada en un tiempo también razonable, forma parte de las fases más importantes en la construcción de las plantas de proceso. Normalmente este trabajo es realizado por el departamento de procuración de una firma de ingeniería, con ayuda del ingeniero de proceso y proyecto, o bien por el propio cliente o dueño de la planta para mayor seguridad.

En la figura 2.1 siguiente se muestra un diagrama de bloques para ayudar a una mejor comprensión de éste tema.

Figura 2.1 Representación gráfica de las etapas principales de diseño de los recipientes separadores vapor-líquido



CAPITULO 3

BASES DE DISEÑO GENERALES PARA LOS RECIPIENTES SEPARADORES

Las bases de diseño son una fuente de información muy importante que proporciona el cliente a la compañía de ingeniería contratista, para que ésta lleve a cabo el diseño de la planta, así como del equipo, instrumentos, accesorios y materiales. En el caso del diseño de tanques separadores, la posición de éstos es muy importante, de igual manera que los datos de diseño, naturaleza de las sustancias que se van a separar, aplicaciones típicas, etc.

Los recipientes de proceso son verticales y horizontales. Los recipientes verticales se deben usar cuando hay pequeñas cargas de líquido, el espacio del terreno es limitado ó cuando se requiere controlar el nivel fácilmente. Los tanques verticales se pueden fabricar con o sin mallas, dependiendo de la velocidad que lleve el vapor, ya que si la velocidad es muy grande, el vapor arrastrará grandes cantidades de líquido, por lo que será necesario colocar mallas separadoras. Los separadores horizontales se usan para proveer tiempos de residencia altos, para grandes cargas de líquido y de la altura de separación requerida, reduciendo la velocidad del vapor debido a la gran área de flujo en el tanque.

A éstos tanques separadores horizontales se les asignan dos funciones principales que son:

1. Separar las gotas de líquido arrastradas por el vapor.
2. Proveer un tiempo de residencia adecuado para grandes cantidades de líquido.

En general, se requieren además los siguientes datos para el diseño:

1. Flujo volumétrico del vapor ($\text{ft}^3 / \text{seg.}$)
2. Flujo volumétrico del líquido ($\text{ft}^3 / \text{seg.}$)
3. Densidad del vapor (lb / ft^3)
4. Densidad del líquido (lb / ft^3)

Cuando se desea un diseño más detallado, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

5. Viscosidad del vapor (centipoises CP).
6. El tamaño de las gotas a separar en (micrones).
7. Tiempo de residencia (minutos).
8. Presión y temperatura máxima de operación (lb / in^2) y ($^{\circ}\text{F}$), respectivamente.
9. Naturaleza de los fluidos, si son o no corrosivos.
10. Tiempo de residencia del líquido.

Los recipientes separadores vapor-líquido se usan para separar mezclas vapor-líquido y entregar los vapores sustancialmente libres de líquido. Estos separadores pueden ser diseñados en forma horizontal o vertical. Los recipientes verticales se prefieren para separar mezclas de una gran relación de flujo en masa vapor-líquido, por el contrario, si la relación es pequeña se prefiere un recipiente horizontal. Los factores que afectan el diseño de este tipo de recipientes son la velocidad del vapor y, si se requiere, el tiempo de residencia del líquido.

En resumen, las bases de diseño y criterios de diseño para este tipo de recipientes verticales son:

1. Servicio: Separar mezclas vapor-líquido y entregar un vapor sustancialmente libre de líquido.
2. Aplicación típica: Acumuladores de reflujo, tanques Flash, tanques de succión de compresores, tanques separadores de gas combustible, tanques separadores de agua, tanques de purga.

3. Pueden ser contruidos en posición horizontal o vertical.

4. Área para flujo de vapor: Para recipientes verticales, se basa en la sección total transversal; para recipientes horizontales, se basa en el área seccional transversal horizontal sobre el nivel máximo de líquido y, para ambos recipientes, se basa en una velocidad permisible.

3.1 Recipientes separadores (vapor-líquido-líquido).

La separación líquido-líquido puede realizarse en forma simultánea con la separación por asentamiento de dos fases líquidas. Cuando éste es el caso, se usará un tanque separador de este tipo. Cuando están presentes dos fases líquidas inmiscibles, el diseño se vuelve más complejo, puesto que las características del asentamiento deben tomarse en cuenta.

No es práctico el uso de un recipiente vertical para efectuar la separación de un vapor y dos fases líquidas, ya que generalmente se requiere de dispositivos internos para efectuar una buena separación de las fases líquidas. Estos dispositivos internos hacen que el costo del recipiente vertical sea mayor que el del recipiente horizontal. Los recipientes verticales son generalmente más grandes que los recipientes horizontales para el mismo servicio.

Cuando el flujo de la fase pesada es tal que para un tiempo de residencia de dos minutos y con una distancia mínima y máxima de interfase de 1.5 ft a 2 ft, se tiene un diámetro de pierna menor a $0.3 \cdot D$ se seleccionará un recipiente con pierna de separación, en caso contrario, el separador carecerá de pierna.

Cuando el recipiente no tiene pierna de separación, pueden usarse varios métodos para separar el líquido ligero:

1. Por medio de una boquilla lateral.
2. Por medio de un tubo proyectado dentro del recipiente.
3. Por medio de una mampara para separar las fases.

En resumen, las bases de diseño y criterios de diseño para este tipo de recipientes son:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. Servicio: | Separar mezclas de un amplio rango de relación de flujo en masa vapor-líquido, donde se encuentren presentes un vapor y dos líquidos inmiscibles. |
| 2. Aplicación típica: | Recipientes separadores de productos de reacción, recipientes acumuladores de domos de torres. |
| 3. Posición: | Horizontal |
| 4. Área para flujo del vapor. | Está basada en el área seccional transversal sobre el nivel máximo de líquido y una velocidad permisible. |

3.2 Tanques o recipientes de balance

Los recipientes de balance se usan para proporcionar cierta capacidad de almacenamiento de líquidos relativamente libres de gas o vapor ó se usan también para el balance de corrientes líquidas. La principal característica de estos recipientes es que cuando son usados para almacenar la alimentación a otras unidades, proporcionan un medio adecuado para asegurar un flujo sin fluctuaciones.

La posición de un recipiente de este tipo es generalmente horizontal, puesto que:

1. Manejan un líquido esencialmente libre de gas o vapor.
2. Se requieren tiempos de residencia altos.
3. Se recomiendan relaciones longitud/diámetro (L/D) del recipiente, grandes, lo cual dará tanques demasiado largos, que de construirse en posición vertical, aumentarán su gasto debido a la gran cimentación y plataformas requeridas.

En resumen, las bases de diseño y criterios de diseño para este tipo de recipientes son:

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. Servicio: | Proporcionar capacidad de almacenamiento para líquidos sustancialmente libres de gas o vapor. |
| 2. Aplicación típica. | Almacenamiento para alimentar a otros equipos con objeto de asegurar un flujo relativamente constante. |
| 3. Posición: | Pueden ser construidos en posición vertical u horizontal, la posición preferida es la horizontal. |

CAPITULO 4

PROCEDIMIENTO GENERAL DE DISEÑO PARA RECIPIENTES SEPARADORES

El diseño de recipientes a presión afecta tanto al usuario como al fabricante y se realiza de acuerdo a las siguientes etapas:

1. Establecimiento de las condiciones de diseño (tamaño, temperatura, presión, códigos, etc).
2. Selección de materiales.
3. Determinación de las dimensiones principales.
4. Comprobación de resistencias, diseñando asimismo detalles constructivos, tales como soportes, uniones a tuberías, etc.
5. Verificación del diseño bajo condiciones extremas.
6. Preparación de la información necesaria para la fabricación, prueba y operación del equipo.

En el establecimiento de las condiciones de diseño, se tendrá en cuenta los siguientes factores:

A. Factores referentes a la función del recipiente:

1. Tamaño y forma.
2. Fluido manejado.
3. Método de soporte (recipientes cilíndricos horizontales soportados sobre silletas, cilíndricos verticales soportados por columnas o por faldones cilíndricos cónicos).
4. Número, posición y tamaño de las aberturas.

B. Factores referentes a las condiciones de trabajo:

1. Carga estática (presión interna y/o externa, temperatura, peso y cargas transmitidas por tubería, viento, sismo, etc.)
2. Cargas variables (variaciones lentas de carga normalmente estática, cargas por vibraciones de maquinaria, viento, sismo, etc.).

C. Factores referentes a la probabilidad de falla:

1. Costo de equipo.
2. Proximidad a otros equipos o lugares habitados establecidas las condiciones de diseño, seleccionando los materiales y determinando las dimensiones principales, que se reúnen en una hoja de datos y se procede al diseño mecánico del equipo mediante la siguiente secuencia:

A. Revisión de la hoja de datos.

B. Cálculo del recipiente

1. Comprobación de capacidades.
2. Cálculo del espesor del cuerpo.
3. Cálculo del espesor de las cabezas.
4. Aplicación de normas o procedimientos.
5. Cálculo de pesos.
6. Análisis de embarque, transporte y montaje (orejas de izaje).

C. Realización del plano de diseño

1. Croquis de elevación y planta.
2. Croquis de detalles.

3. Lista de normas incluidas en el plano.
4. Información para la tabla de boquillas.
5. Información para datos de diseño y materiales.
6. Incluir todas las notas directas o indirectamente sobre el plano.
7. Incluir memoria de cálculo para la Secretaría de Trabajo y Previsión Social.

CAPÍTULO 5

CRITERIOS LONGITUD-DIÁMETRO (L/D) PARA RECIPIENTES SEPARADORES

La selección de un valor adecuado para la relación L/D de un tanque (recipiente) de proceso en un determinado servicio resulta afectada por los siguientes factores:

1. Las condiciones son predominantes sobre las consideraciones de costos, es decir, que la forma de un tanque suele fijarse por los requerimientos que resultan de tiempos de residencia de líquidos especificados, áreas de vapor mínimas, velocidades de asentamiento, etc. Muy a menudo la relación L/D se fija por limitaciones del plano de distribución y por especificaciones del cliente.
2. Puede ser muy difícil construir y operar (problemas de mantenimiento) tanques (recipientes) con diámetros inferiores a 2 ft, especialmente si se van a usar internos, tales como: baffles o mamparas, eliminadores de niebla (mallas separadoras), controladores especiales de nivel, tubo buzo, etc.
3. Las relaciones óptimas L/D no tienen tanto significado en el caso de tanques (recipientes) con internos complejos como lo tienen para tanques más simples.

Las consideraciones de costos dictan una relación óptima L/D para cualquier volumen de tanque. Los criterios que se dan a continuación, llevarán en la mayor parte de los casos prácticos a costos de diseño "casi mínimos".

- El primer criterio general es que la relación L/D de todos los tanques (recipientes) de proceso deberán estar en el rango $1 \leq L/D \leq 5$.
- A partir de la gráfica de AbaKians (Figura 5.5) se obtiene el diámetro óptimo, debiendo cuidar la relación L/D dentro del rango establecido, donde F es un parámetro dado por la siguiente ecuación:

$$F = \frac{P}{C * S * E} \dots\dots\dots 5.1$$

Donde:

- P = presión de diseño en psig
- C = corrosión permisible, en in
- S = esfuerzo permisible en psi
- E = eficiencia de soldadura en %

Las consideraciones de costos dictan una relación óptima L/D para cualquier volumen del recipiente, los criterios dados en la siguiente tabla 5.1 llevarán, en la mayoría de los casos prácticos, a los mínimos costos de diseño.

Tabla 5.1

Presión de operación (psig)	L/D
100 ó menos	3
101 a 300	4
301 a 600	5

Como ya se indicó, la relación L/D no debe ser menor de 1.0 ni mayor de 5.0, excepto cuando la presión es mayor de 600 psig, en este caso la relación L/D debe ser mayor de 5.0 y debe considerarse como alternativa de diseño un recipiente horizontal, y el valor de la relación L/D se da según el espesor del recipiente, en la tabla 5.2

Tabla 5.2

Espesor (in)	L/D
Menor de 2	6
Entre 2 y 6	8

5.1 Criterios para fijar las dimensiones finales de los recipientes para construcción.

Una vez que se obtuvieron las dimensiones por cálculos del equipo, por economía se debe uno referir a las medidas ya establecidas como comerciales.

Los fabricantes de recipientes emiten catálogos con las medidas disponibles (comerciales) de las distintas partes de un recipiente, por ejemplo, para fijar el diámetro de un recipiente, se sabe que los fabricantes de cabezas varían sus dimensiones de 15.24 cm en 15.24 cm (½ ft en ½ ft), o sea que el diámetro se redondeará, según el caso, del valor calculado al diámetro inmediato superior, o bien al diámetro inmediato inferior.

Para poder fijar la longitud del recipiente es conveniente conocer cuáles son los anchos de las placas comerciales, las cuales se dan en la tabla 5.3

Tabla 5.3

ANCHO	
mm	Ft
1219	4
1829	6
2438	8
3048	10
3658	12

Los anchos de las placas comunes en el mercado son los de 1829 mm (6 ft) y 2438 mm (8 ft); o sea, que para fijar la longitud de un recipiente, es conveniente redondear la longitud calculada al ancho comercial de algunas de las placas comerciales que existen, teniendo así variaciones en la longitud de 610 mm en 610 mm (2 ft en 2 ft).

Las longitudes recomendadas de los recipientes considerando combinaciones de placas son mostradas en la tabla 5.4:

Tabla 5.4

mm	Ft	Ejemplos de combinaciones de placas comerciales
4267	14	8 y 6 ft
4877	16	8 y 8 ft
5486	18	8 y 10 ft
6096	20	10 y 10 ft
6706	22	8, 8 y 6 ft
7315	24	8, 8 y 8 ft

Para longitudes mayores de los recipientes, continuar con el mismo criterio de ajustarse a la longitud que se pueda obtener por combinación de placas comerciales, por ejemplo, si por cálculo obtuviéramos una longitud de 2083 mm (6 ft, 8 in) es conveniente fijar la longitud en 2438 mm (8 ft), ya que si se fijara en 2134 mm (7 ft), el fabricante incluiría la placa de 2438 mm (8 ft) y el trabajo del corte de dicha placa así como hacer nuevamente el bisel a la placa resultante de 2134 mm (7 ft), es decir, la placas comerciales ya vienen biseladas.

En resumen, el objetivo que se busca con el uso de una relación adecuada o empírica de L/D es el de obtener los valores dimensionales de longitud y diámetro para un volumen dado que cumplan con los requisitos de velocidad del fluido, tiempo de residencia que deba satisfacer el recipiente así como de la selección adecuada de un código de diseño que permita ahorrar en el costo del recipiente. Es evidente que los valores que cumplan dichas condiciones serán los mismos por consiguiente obtendremos un mínimo espesor y un mínimo costo.

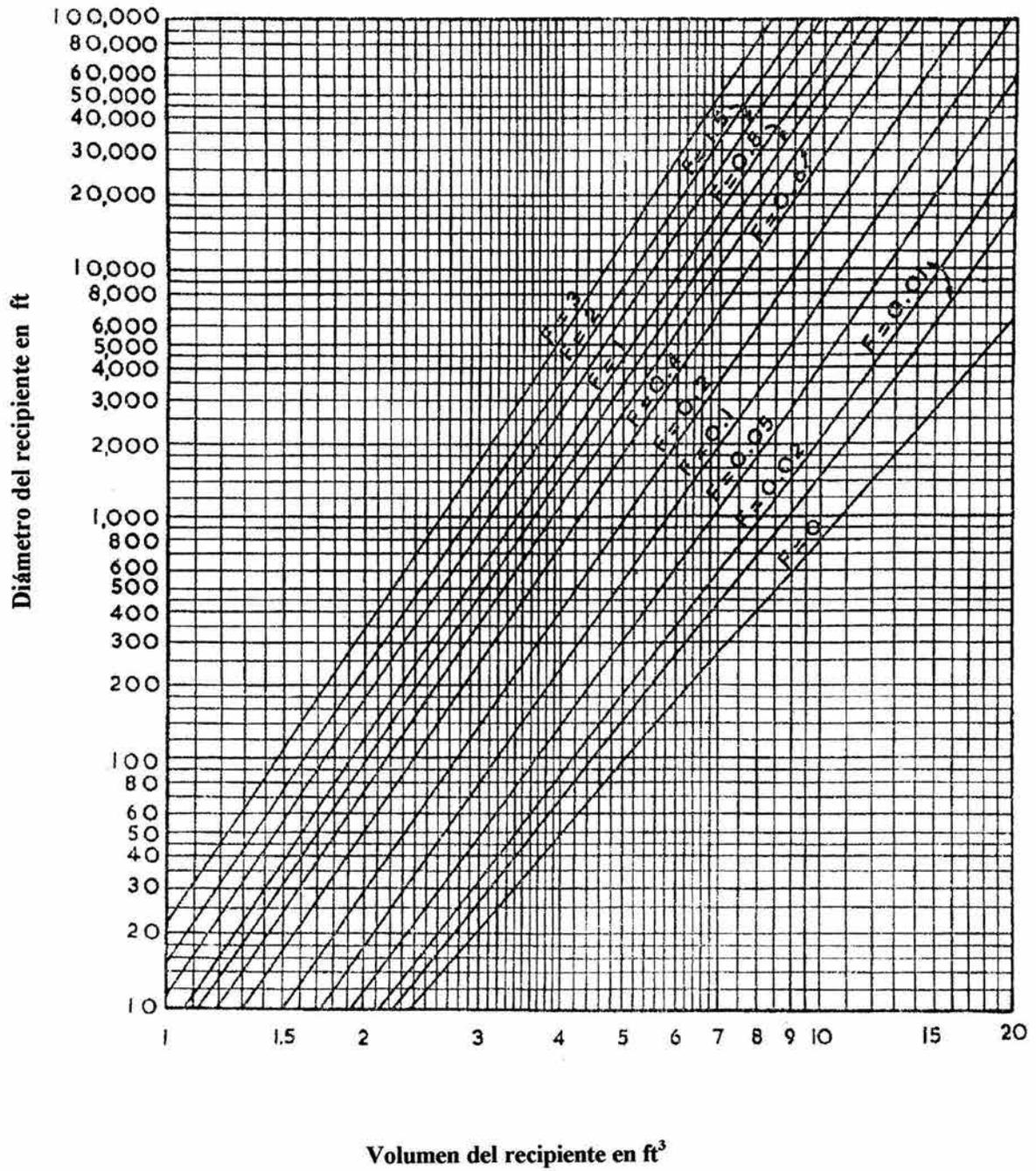


Figura 5.5 Gráfica de Abakians para la obtención del diámetro óptimo del recipiente

CAPITULO 6

TIEMPO DE RESIDENCIA PARA LOS RECIPIENTES SEPARADORES

El tiempo de residencia o retención (surge time) del fluido en el recipiente se define como el tiempo requerido para vaciar el líquido del recipiente, si se interrumpiera la alimentación del mismo, aunque prácticamente se define como el tiempo necesario para vaciar tan solo el líquido comprendido entre el nivel máximo y el nivel mínimo; es decir, se excluye el líquido retenido por debajo del nivel mínimo, con lo cual obtenemos un margen de seguridad suplementario. El tiempo de residencia normalmente se asigna en minutos. Por su propia definición, se ve que el tiempo de residencia gobierna el volumen de los recipientes, mientras que en la decantación de fases al estar relacionado con la velocidad de circulación del fluido fija la sección.

Para las corrientes del líquido se requiere que antes de iniciarse una nueva etapa del proceso, exista en el recipiente un cierto volumen mínimo de reserva, a fin de poder absorber o amortiguar las oscilaciones, alteraciones, interrupciones, fallas, etc., de la etapa correspondiente al recipiente en cuestión y así facilitar la operación y regulación de la unidad. Por el contrario, en algunas ocasiones se exige que el tiempo de residencia del líquido en el aparato no sea superior a un determinado valor máximo, para que el líquido no se pueda descomponer, formar incrustaciones, etc., lo que también influye evidentemente en el volumen del recipiente. Aunque de todos modos, el caso más frecuente es el originado por necesidades de regulación, es decir, es el tiempo de retención mínimo.

Como uno de los objetivos del tiempo de residencia es el de facilitar la regulación de los procesos, para fijarlo se deberían tener en cuenta, las características de la incrustación, sin embargo, en la mayoría de los casos se opera con recetas empíricas que eliminan la necesidad de analizar a fondo el problema de la regulación, así que todas las publicaciones sobre los tiempos de residencia, se dan en minutos para una serie de servicios típicos, sin entrar en las características de la instrumentación tan solo indicando el tipo de instrumentos.

Watkins da un método empírico para fijar el tiempo de residencia que toma en cuenta el tipo de instrumentación (no las características) y un factor del operador, pero como ya dijimos, existe una gran intuición y suposiciones en su aplicación, y son éstos los que utilizaremos en el diseño de los recipientes.

En conclusión, el tiempo de residencia es el tiempo mínimo que se requiere para proporcionar una flexibilidad de operación razonable. Este tiempo debe ser suficiente para que el personal de operación detecte y corrija una falla alrededor de una pieza de equipo de proceso como en el caso de una bomba. El tiempo entre la detección y corrección del problema depende de la experiencia del personal que opera la unidad y del grado de sofisticación del instrumento. En la tabla 6.1, se dan algunas recomendaciones para tiempos de residencia de líquidos, estas recomendaciones se basan en un personal de operación experimentado y en una unidad bien instrumentada. El diseñador incrementará estos tiempos de residencia recomendados, multiplicando por los siguientes factores:

Tabla 6.1

Personal	Factor	Instrumentación	Factor
Experimentado	1.0	Bien instrumentado	1.0
Bien entrenado	1.2	Instrumentación normal	1.2
Sin experiencia	1.5	Pobremente instrumentado	1.5

Tabla 6.2 para Tiempos de Residencia complementarios de Líquido entre Nivel Mínimo y Máximo (Tr).

SERVICIO	Tr (min.)
Un tanque de balance alimenta una unidad de proceso dada, pero recibe el líquido de otra unidad que está ligada a un cuarto de control separado.	20
Igual que el anterior, pero el tanque de balance recibe el líquido de una unidad de proceso ligada al mismo cuarto de control.	15
Un tanque de balance alimenta a una unidad de proceso, pero recibe el líquido de tanques fuera de la planta.	15
Un líquido de un tanque de balance se alimenta a una torre ligada a un cuarto de control separado.	12
Un líquido de un tanque de balance se alimenta a una torre ligada al mismo cuarto de control.	8
Un líquido de un tanque de balance a tanques fuera de la planta o directamente a un tanque de alimentación para otra unidad (flujo por gravedad).	3
Igual que el anterior, pero el líquido se bombea desde el tanque de balance.	5
Un líquido de un tanque de balance, ya sea a un tanque fuera de la planta o a otro tanque de alimentación, a través de un cambiador de calor alimentado por el fondo.	5
Un líquido de un tanque de balance es la única carga a un calentador a fuego directo.	10
Un líquido de un tanque de balance alimenta a un rehervidor a fuego directo, el tiempo de residencia se basa en el vapor del rehervidor expresado como líquido (5 minutos) más el tiempo de residencia adecuado para producto de fondos en base al servicio específico.	5
Un separador vapor-líquido entre una unidad de separación de alta presión y otra de baja presión.	4
Un tanque de destilado que actúa únicamente como acumulador de reflujo	5
Un tanque de destilado (tanque de reflujo) que también sirve como recibidor de producto, basándose el tiempo de residencia en el reflujo (3 minutos) más el tiempo de residencia adecuado en base al servicio específico.	5
Si el producto se envía a almacenamiento.	2
Si el producto se alimenta a otra torre.	15
Tanques de alimentación a un reactor o calentador.	25
Tanques separadores de arrastre a la succión del compresor, en base a la velocidad del líquido de la mayor unidad productora de líquido antes del compresor	10
Tiempo de residencia adicional o de emergencia para tanques separadores de arrastre entre etapas (en base a una velocidad máxima de producción de condensado entre etapas).	10

CAPITULO 7

ELEMENTOS Y ACCESORIOS PRINCIPALES PARA LOS RECIPIENTES SEPARADORES

7.1 MALLAS SEPARADORAS (DEMISTERS) PARA LOS RECIPIENTES SEPARADORES

7.1.1 Descripción de las mallas separadoras

En el caso de los recipientes separadores en los cuales se presentan corrientes paralelas, se usan dispositivos interiores a fin de reducir el diámetro del tanque, pues para diámetros de gotas muy pequeñas, el diámetro puede ser muy grande, especialmente cuando la dispersión es muy fina o cuando se requiere eliminar casi la totalidad de las gotas.

Aunque la utilización de separadores o dispositivos que frenan las partículas de la fase dispersa puede ser en general para cualquier combinación de fases y en muchas ocasiones constituyen aparatos con entidad propia, y es en las separaciones líquido-gas, líquido-líquido-sólido y gas-sólido donde frecuentemente se usan dispositivos incorporados al diseño del recipiente, sin formar un dispositivo independiente.

Las mallas separadoras incorporadas en el mismo recipiente para sistemas líquidos dispersos en el gas se utilizan básicamente las mallas separadoras tejidas (wire mesh mist eliminators), comúnmente llamadas demisters.

Estos dispositivos separadores presentan un circuito laberíntico que produce múltiples desviaciones de la corriente gaseosa, de forma tal que las gotas líquidas, debido a su inercia, no pueden seguir la corriente del vapor, chocando con las partes sólidas (alambre, plástico, etc.), con lo que retroceden y se aglomeran produciéndose la separación. Este proceso requiere de la determinación teórica de la velocidad mínima del gas, de lo contrario, la inercia de las gotas sería tan pequeña que resbalarían a través del laberinto que forma la malla, sin ser frenadas ni desviadas.

Las mallas separadoras son elementos fabricados de alambre (aceros) o algún otro material (polipropileno, teflón, etc.) tejidas soportada por barras de retención ó sobre una rejilla, las perforaciones de la malla son generalmente pequeñas, cuya principal función es la de separar de una mezcla de dos fases; gas-líquido, líquido-sólido y gas-sólido, el líquido y las partículas sólidas por impacto sobre la malla. Resultando muchas mejoras en la operación del equipo de proceso, porque con la eliminación del líquido y las partículas sólidas, se incrementa la calidad del vapor, es decir, el demisters ha ganado un gran reconocimiento industrial, debido a su bajo costo y a su eficiencia en la eliminación de gotas de líquido que arrastran las corrientes de gas o vapor.

Aún cuando existen diferentes fabricantes con sus propias marcas registradas, básicamente operan con el mismo principio y tienen características físicas muy cercanas. La definición del tipo de malla generalmente está dada por el número de hilos que se encuentra en un área de una pulgada cuadrada, así por ejemplo, la malla 400 x 400, tendrá 400 hilos de cada lado, la malla 250 x 400, llevará 250 hilos de un lado y 400 del otro, y esto a su vez, constituye un tipo de malla, tales como: la malla tipo S-275, S-370, H-155, de acuerdo al fabricante Goto Shoji Co. Ltd. etc. De tal forma que el tipo de malla a usarse dependerá del grado de filtración que se desee en el sistema.

En otras palabras, el grado de filtración está dado por el espacio libre dejado por los huecos de los alambres de la malla y por la forma de la partícula que va a ser retenida. Para cualquier aplicación, el diámetro de la malla es seleccionado por consideraciones propias, para una buena eficiencia de

separación y para cubrir los requerimientos de los esfuerzos mecánicos. Varias características de los separadores de malla caen dentro de los siguientes rangos y son dados en la tabla 7.1 siguiente.

Tabla 7.1

Diámetro de la malla (in)	0.003 a 0.016
Porosidad de la malla (%)	0.92 a 99.4
Densidad de la malla (lb/ft³)	0.3 a 33
Área de la malla (ft²/ ft³)	0.50 a 600

La malla más usada es fabricada con acero inoxidable con diámetro de 0.011 in, con una porosidad de 97.7%, con una densidad de 12 lb/ft³, con una superficie de 110 ft²/ ft³, la eficiencia de separación es mayor al 99% en peso y es obtenida para un amplio rango de velocidades. La caída de presión (ΔP) en este tipo de mallas es extremadamente baja y rara vez excede de una pulgada de agua, y para servicios con mucho ensuciamiento y que exijan poca pérdida de carga, tendrá una porosidad del 99% y una superficie activa de 45 ft²/ ft³, pero, naturalmente es menos eficiente.

El espesor normalmente usado de malla es de 4 ó 6 in, y a veces, cuando se requiere obtener una gran separación, aunque con esto se tenga también una mayor pérdida de carga, se montan capas de mallas de 2 in giradas una con respecto a la otra 90°, pero, a partir de 4 in la influencia del espesor en la eficiencia de separación es muy pequeña como se muestra a continuación en la tabla 7.2.

Tabla 7.2

Espesor de la malla separadora (in)	% de líquido retenido
4	99.55
8	99.71
12	99.76

Además la eficacia de los separadores de malla depende básicamente de las dimensiones de las gotas, aumenta al disminuir el diámetro del alambre empleado, por que aumenta su superficie activa y disminuye su porosidad. En todas estas consideraciones hay que indicar que si existen sólidos en suspensión, el comportamiento del separador se altera de forma poco previsible, por lo que es conveniente consultar al fabricante. En general, los parámetros que caracterizan a las mallas separadoras, son su superficie activa (a) (superficie por unidad de volumen), la porosidad (ϵ) (fracción de espacio libre respecto al volumen total aparente).

El efecto de estas características se correlaciona con otras variables mediante la relación $F = a / \epsilon^3$ (factor de relleno) que es significativo para todo tipo de rellenos. El rango típico de las características de los separadores de malla es el que se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3 Características principales de las mallas separadoras.

Material	Aplicación	Densidad (*)		Superficie activa (ft ² /ft ³) a	Volumen libre ε	Factor de relleno (ft) F
		lb/ft ³	Relativa			
Alambre metálico (diámetro 0.01 in a 0.005 in)	Pérdida de carga no importante.	120	2	1.20	0.75	2650
	Destilación.	28	0.450	500	0.95	180
	Alta eficiencia. Servicio muy limpio.	12	0.195	180	0.975	195
	Servicio duro. Enrollado en espiral.	12	0.195	120	0.975	130
	Normal. Uso general.	9	0.145	90	0.98	96
	Alta eficiencia. Partículas finas.	9	0.145	135	0.98	145
	Alta velocidad. Servicio sucio.	9	0.100	60	0.9875	62
	Alta velocidad. Servicio limpio.	6	0.100	60	0.9875	62
	Mínimas pérdidas de carga. Servicio sucio.	4.5	0.075	45	0.99	46
Lana de vidrio	Nieblas muy finas	12	0.195	450	0.93	560
	Nieblas finas	8.3	0.135	300	0.95	350
Polipropileno.	Nieblas ácidas o con agua de mar.	4.5	0.075	250	0.93	310
	Mínima pérdida de carga.	2	0.035	110	0.97	120
Lana de vidrio e Inox. AISI 316	Nieblas finas	19	0.305	340	0.94	410
		13.5	0.215	250	0.95	290
	Mínima pérdida de carga.	9	0.145	160	0.96	180
Teflón	Condiciones altamente corrosivas	8	0.125	250	0.94	300

(*) Para alambre metálico, densidad en para el acero inoxidable.

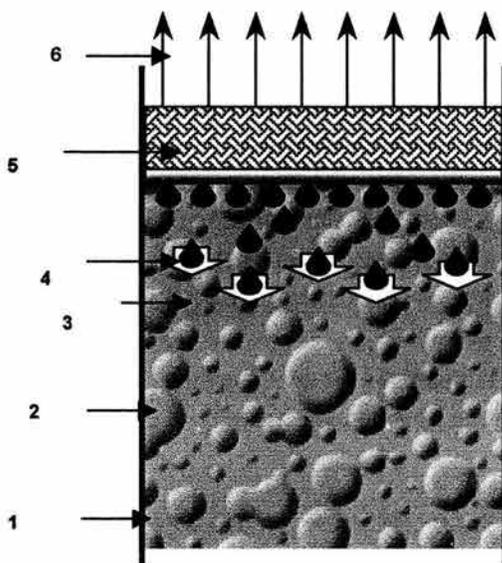
7.1.2 Principios de funcionamiento de las mallas separadoras

Los demisters son excelentes filtros lavadores principalmente con la materia extraña en el gas o vapor (tales como líquidos, impurezas, etc.). Los mecanismos involucran una combinación de lo siguiente:

1. Impacto inercial de las partículas en los filamentos.
2. La intersección del flujo de partículas por los filamentos.
3. Sedimentación de partículas debido a la gravedad.
4. Dispersión de partículas en la superficie de los filamentos.
5. Atracción electrostática.
6. Adsorción del gas.

El cómo las partículas y el líquido son atrapados y removidos por el demisters se muestra en la Figura 7.4

Figura 7.4



En el punto 2 tenemos la formación de las burbujas, las cuales se forman en la fase líquida que es representada por el punto 1, las cuales se elevan sobre la superficie del líquido, donde luego son detenidas y fragmentadas, produciéndose partículas finas de líquido. Estas partículas son arrastradas por el vapor que asciende tal como se muestra en el punto 3, y entra al demister, punto 5, donde entra en contacto con la superficie formada por los filamentos, posteriormente las partículas crecen y descienden nuevamente a la superficie del líquido, mientras que el gas o vapor atraviesa la malla y abandona el equipo de proceso, libre de líquido e impurezas como se ve en el punto 6.

7.1.3 Fabricación y tipos de las mallas separadoras.

Las mallas separadoras son construidas totalmente en forma de capas. Estas capas se construyen tejiendo la malla, una capa se comprime con otras dos láminas de malla, una arriba y otra abajo, es decir, formando un *sándwich*, para dar un diámetro de malla deseado, cada capa forma una ondulación oblicua; la dirección de la onda de las capas adjuntas son opuestas una de la otra. Dando como resultado una configuración global compleja, y la porosidad en la vecindad será del 98%, con una mayor área de contacto.

El demister, es extremadamente ligero y permite pasar un gran flujo de vapor, con una alta eficiencia de separación. Para cubrir las necesidades más comunes o de uso general, son necesarios los demisters enlistados posteriormente, los cuales son comerciales y también fabricados por GOTO SHOJI CO. LTD.

Estos tipos o estándares sin embargo, no son estrictos para todos los fabricantes, sino que cada fabricante posee sus estándares con sus propias características, pero los estándares pueden ser modificados de acuerdo a las necesidades del cliente, y en la tabla 7.5 siguiente se muestran algunos comercialmente usados.

Tabla 7.5 Tipos y Estándares de Mallas Separadoras (Demister) Del Fabricante Goto Shoji Co. LTD

TIPO	APLICACION	CARACTERISTICAS		OBSERVACION
S-275 (ACERO)	Empleado ampliamente en plantas petroquímicas, tienen caídas de presión relativamente bajas y eficiencia de separación del 90 al 99%	Diámetro del filamento (mm)	0.254	Equivalencia con York Style 431
		Área de contacto (m ² /m ³)	275	
		Porosidad (%)	98.20	
		Densidad (kg/m ³)	144	
S-370 (ACERO)	Este tipo de acero es el más extensamente usado, y es considerado como el tipo estándar, la eficiencia de separación es del 98 al 99%, para partículas con un diámetro comprendido entre 50 a 10 μ, a una velocidad de 1 a 5 m/seg.	Diámetro del filamento (mm)	0.254	Equivalencia con York Style 421
		Área de contacto (m ² /m ³)	370	
		Porosidad (%)	97.60	
		Densidad (kg/m ³)	194	
S-740 (ACERO)	La densidad es dos veces mayor que la del tipo S-370, siendo usada cuando una alta eficiencia de separación es requerida, pero tiene caídas de presión un poco mayores que el tipo S-170, tiene una eficiencia de separación del 99 al 100%, para tamaños de partículas mayores a 3 μ, a una velocidad de 1 a 6 m/seg. Pero también se puede utilizar para velocidades menores a 1 m/seg, para una eficiencia de separación mayor al 90%.	Diámetro del filamento (mm)	0.254	Equivalencia con York Style 326
		Área de contacto (m ² /m ³)	740	
		Porosidad (%)	95.00	
		Densidad (kg/m ³)	390	
H-155 (ACERO)	Es la espina dorsal de todos los separadores de malla, este tipo presenta una caída de presión baja, la ausencia de partículas de gran tamaño, no da lugar a obstrucciones de la malla y este tipo de malla, no requiere grandes eficiencias de separación	Diámetro del filamento (mm)	0.254	Equivalencia con York Style 931
		Área de contacto (m ² /m ³)	155	
		Porosidad (%)	98.95	
		Densidad (kg/m ³)	82	
M-905 (ACERO)	Este tipo es usado para partículas mayores a 1 μ y es especialmente útil cuando se tiene nieblas o polvos muy finos en concentraciones bajas, menores a 10 g/m ³ , o bien, si se requiere separar partículas más finas de líquidos, se incrementará el espesor de la malla.	Diámetro del filamento (mm)	0.12x5	Equivalencia con York Style
		Área de contacto (m ² /m ³)	905	
		Porosidad (%)	97.20	
		Densidad (kg/m ³)	220	
M-1740 (ACERO)	Este tipo de malla es muy similar al Tipo M-905 y es usado para retener partículas finas menores a 1 μ, pero tiene su eficiencia de colección alta y uniforme. Además este tipo de malla puede ser usado para partículas ultra finas de 0.5 a 1 μ.	Diámetro del filamento (mm)	0.12	Equivalencia con York Style
		Área de contacto (m ² /m ³)	1780	
		Porosidad (%)	94.50	
		Densidad (kg/m ³)	432	
FF-515 (ACERO)	Este tipo de mallas es muy reciente y es para partículas ultra finas de un tamaño que oscila ente 0.1 y 3 μ, y es especialmente efectiva para la colección de polvo. Su precio es más bajo que el de los demisters comunes, es ligero y presenta bajas caídas de presión.	Diámetro del filamento (mm)	0.04	Equivalencia con York Style
		Área de contacto (m ² /m ³)	1515	
		Porosidad (%)	98.20	
		Densidad (kg/m ³)	100	

7.1.4. Materiales de construcción de las mallas separadoras.

Los materiales usados para la construcción de las mallas, son comúnmente aceros inoxidable, frecuentemente del S-304. también se utiliza acero al carbón, latón, bronce, monel, cobre, níquel, hastelloy, inconel, tantalio y titanio. Donde la temperatura ambiente es baja y los fluidos corrosivos, se utilizan mallas de plásticos, tales como: polietileno, sarán, polipropileno, teflón. Aunque generalmente las mallas separadoras pueden construirse de cualquier material que se desee. Dependiendo del tiempo de vida que se desee para el demister, la naturaleza de la sustancia química a ser utilizada ya sea corrosiva o no y las condiciones de temperatura, será el tipo de malla a utilizar.

Los materiales para la fabricación de los Demisters son enlistados en la Tabla 7.6 y agrupados según su aplicación.

Tabla 7.6

MATERIAL	USOS
S-304	Solución de agua, ácido nítrico, crudo reducido, fracciones de petróleo, y muchos productos químicos y productos de la refinación del petróleo.
S-316	Ácidos grasos, crudo reducido conteniendo ácidos nafténicos, y otros materiales corrosivos.
S-316	Ácidos grasos altamente puros.
Monel	Sosa cáustica y otros álcalis diluidos.
Níquel	Sosa cáustica y productos alimenticios
Inconel	Ácidos grasos y aplicaciones a altas temperaturas.
Carpenter 20, Nionel,Hastelloy B, Hastelloy C	Ácido sulfúrico y otras aplicaciones corrosivas.
Titanium, Tantalium	Para condiciones altamente corrosivas.
Aluminio	Ácido nítrico.
Cobre	Freones y alcohol.
Acero al carbón	Recomendado solamente para hidrocarburos no corrosivos.
Polietileno Polipropileno	Para servicios corrosivos a temperaturas moderadas.
Teflón	Para condiciones altamente corrosivas.

7.1.5 Limites de velocidad y velocidad de diseño para las mallas separadoras.

En la operación de un demisters, tres fuerzas diferentes entran en acción. La fuerza ejercida por la velocidad que tiende a llevarse las gotas del líquido hacia arriba chocando y deteniéndose ocurriendo la coalescencia, y la fuerza de gravedad, que tiende a llevarse las gotas del líquido hacia abajo, la tercera fuerza es la tensión superficial, la cual no es importante, excepto en la superficie del líquido.

Aquí la tensión superficial retiene el líquido hasta que las gotas se forma y son lo suficientemente grandes para que la fuerza de gravedad exceda la fuerza combinada de la velocidad y de la tensión superficial, dando como resultado que las gotas más grandes se rompan y caigan de la malla separadora.

- **Velocidad permisible.** En resumen, varios factores gobiernan la velocidad permisible del gas a través de la malla, que son:

1. Densidad del gas y líquido.
2. Tensión superficial del líquido.
3. Viscosidad del líquido.
4. Superficie específica de la malla.
5. Flujo del líquido.
6. Contenido de sólidos en suspensión.

De los factores anteriores, la densidad del líquido (ρ_L) y gas (ρ_G) tiene mayor influencia en el cálculo de la velocidad de diseño y se usa la siguiente ecuación:

$$V_a = K * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G}} \dots\dots\dots 7.1$$

El factor de correlación k , es una función del tamaño de la gota, de la viscosidad del líquido, espacio de vapor, tipo de trama de malla, etc. Para condiciones de carga elevada de líquidos, el diseño se debe de hacer con mucho cuidado. Las velocidades elevadas se usarán para nieblas muy finas con objeto de eliminar las partículas pequeñas usando dos almohadillas de mallas en serie, operando la segunda malla a una velocidad inferior para eliminar las gotas mayores arrastradas de la primera malla.

Los sistemas con fluidos de alta viscosidad deben comprobarse con varios fabricantes y consultar por su experiencia en casos similares. Los valores inferiores de k se emplean para sistemas de alto vacío, líquidos de alta velocidad, líquidos de baja tensión superficial y sistemas con condiciones críticas de ensuciamiento.

- **Limites de velocidad.**

Las velocidades muy bajas permitirán que las partículas pasen a través de la malla y sean acarreadas con el vapor de salida. Por otra parte, velocidades muy altas llevarán el líquido a la parte superior de la malla, establecerán una condición de inundación y posteriormente arrastrarán el líquido a la superficie de la malla. Para la mayoría de las situaciones puede esperarse muy buena operación para velocidades que vayan del 30 al 100% de la velocidad óptima de diseño disponible. La velocidad mínima de diseño segura es del 10% del valor calculado con la ecuación anterior. La velocidad de inundación de la malla es generalmente de 120 a 140% de la velocidad máxima disponible.

Generalmente las velocidades máximas disponibles son inferiores bajo condiciones de presión y mayores bajo condiciones de vacío. Los límites y rangos de cada área se determinan con las densidades relativas de operación del vapor y del líquido, la naturaleza del arrastre y el grado de separación requerido. Cuando la malla se instala con almohadilla vertical o inclinada, la velocidad máxima disponible se toma generalmente como 0.67 veces el valor disponible para la posición horizontal.

• **Velocidad de diseño.** Con el objeto de tener un gran margen de seguridad, para las inestabilidades, variaciones en la carga del líquido y peculiaridades en el tamaño de partícula y en las propiedades físicas, se usa:

$$V_D = 0.75 * V_a \dots\dots\dots 7.2$$

Para el diseño de nuevos separadores. En el caso del estudio de recipientes separadores existentes para la instalación de mallas de alambre, puede aceptarse alguna variación para acomodarse a la condición de diámetro fijo, pero esto no es un problema, ya que el rango de buena operación es tan amplio.

El valor del factor de correlación *k* más comúnmente usado es 0.35 y es aceptable para más procesos de separación, sin embargo, cuando la viscosidad y la carga del líquido son altas, o el líquido está muy sucio, se reduce el valor de *k*, cuando la tensión superficial es reducida en un sistema de agua con el uso de agente húmedo. Para la determinación de la capacidad, la práctica usual es seleccionar una malla en particular para un servicio dado, es determinar la velocidad máxima disponible, y de ésta seleccionar un diámetro de recipiente, en el caso de recipientes. Los valores de *k* según GOTO SHOJI CO. LTD. se muestran en la tabla 7.7

Tabla 7.7

TIPO	K
H-155	0.13
S-275	0.116
S-370	0.11
S-740	0.1
M-905	0.105
M-1740	0.09

Si el separador se instala horizontal, el valor de *k* se considera independiente de la posición del recipiente (horizontal o vertical), ya que la saturación del separador se produce por pérdidas de carga. El mismo valor de *k* que se utiliza para separadores en posición horizontal puede utilizarse para separadores en posición vertical si la relación de diámetro-espesor del separador, es inferior a 2. Esta regla permite aplicar los mismos valores de *k* a secciones de gran diámetro, dividiendo el separador en secciones con relación de diámetro-espesor inferior a 2.

7.1.6 Eficiencia de separación de las mallas separadoras.

Para la mayoría de la aplicaciones la eficiencia será de 98-99%, mientras se respete el rango de velocidad de operación. Para un sistema de hidrocarburos líquido-gas natural, se garantiza que no permanecerá en la corriente gaseosa más de 0.1 galones de líquido por millón de pies cúbicos de gas.

Algunos diseños especiales que emplean una almohadilla de 91.5 cm de espesor, reducen el arrastre radiactivo en una parte por cada mil millones. Para un arrastre promedio de líquido de proceso, la malla eliminará partículas de hasta 5 micras. Para partículas más pequeñas que esto, se requieren dos almohadillas de alambre.

7.1.7 Utilización y aplicación de las mallas separadoras.

Los demisters son principalmente utilizados en refinerías de petróleo, petroquímicas, química de gas, química sintética, en industrias que fabrican sal y azúcar, y otras industrias químicas, en las cuáles la separación y eliminación de nieblas y polvos es muy importante. También tienen un uso destacado en las torres de destilación y empacadas, colectores de polvo en filtros de aire, o como acelerador en las reacciones químicas, lo cual se logra pintando las mallas con catalizador.

Otras aplicaciones son como filtros especiales en gabinetes de los cuartos de control y como aislantes de vibración y sonido, pero en el futuro se pueden incrementar los usos de los demisters, algunos de los usos actuales se indican a continuación:

1. INDUSTRIAS:

- Refinerías de petróleo
- Estaciones de gas
- Fabricación de sosa
- Fabricas de sal
- Fabricas de talco
- Fabricas de vidrio
- Fabricas de aluminio
- Aceite comestible
- Petroquímicas
- Industrias fundidoras
- Refinación de metales
- Fabricación de acero
- Industrias farmacéuticas
- Industrias fundidoras
- Fabricación de fertilizante
- Fabricación de pulpa para papel
- Fabricación de azúcar

2. OTRAS INDUSTRIAS:

- Industrias químicas, para el gas natural.
- Fabricación de ácido sulfúrico
- Industrias termoeléctricas
- Fabricación de aceite, grasas y sopas
- Industria alimentaria
- Fabricación de alcohol
- Fabricación de oxígeno

Aplicaciones típicas de las mallas separadoras

- Lavadores de aire
- Interceptores o capturadores
- Deodorizadores
- Evaporadores
- Lavadores de gas separadores
- Separadores de vapor
- Aire acondicionado
- Cristalizadores
- Tanques de disolución
- Tanques flash
- Sedimentadores
- Destiladores
- Secadores
- Absorbedores
- Torres de enfriamiento
- Ductos
- Absorbedores de gas
- Knock-Out Drums
- Sistemas de vacío
- Filtros de aire
- Columnas de destilación
- Columnas fraccionadoras
- Lavadores
- Quemadores
- Destilerías

7.1.8 Caída de presión de las mallas separadoras.

La caída de presión a través de unidades de malla de alambre es muy pequeña, del orden de 1 in de H₂O para una almohadilla con un espesor de 10 a 15.2 cm. para la gran mayoría de aplicaciones esta caída de presión es despreciable. Si existen sólidos en la corriente, entonces la acumulación de los mismos puede volverse apreciable, y es generalmente la guía o indicador para la limpieza de la malla. Una almohadilla de 30.5 cm puede requerir una caída de 7.6 in de H₂O.

Aproximadamente para una trama normal de 10 cm de espesor:

$$\Delta P = 0.034 * V_D^2 * \rho_V \quad [=] \text{ cm H}_2\text{O} \dots\dots\dots 7.3$$

Para una trama de baja densidad (flujo elevado) de 15.2 cm de espesor:

$$\Delta P = 0.02 * V_D^2 * \rho_V \quad [=] \text{ cm H}_2\text{O} \dots\dots\dots 7.4$$

Donde:

V_D = velocidad de diseño en m/seg

ρ_V = densidad del vapor en gr/cm³

La caída de presión para los modelos de GOTO SHOJI CO. LTD está dada por la siguiente ecuación

$$\Delta P = \frac{f * V_g^2 * X * \rho_g * (1 - \varepsilon)}{g * D} \dots\dots\dots 7.5$$

Donde:

V_g = velocidad del gas en m/seg

ρ_g = densidad del gas en kg/m³

X = espesor de la almohadilla en m

ε = porosidad

D = diámetro del filamento

g = aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)

F = factor de fricción (generalmente f = 1.5)

y la ecuación en una forma simplificada quedaría de la siguiente forma:

$$\Delta P = \alpha * \rho_g * (V_g)^2 \dots\dots\dots 7.6$$

Los valores de α son dados en la Tabla 7.8

Tabla 7.8

TIPO	α
H-155	0.65
S-275	1.1
S-370	1.5
S-740	3.0
M-905	3.6
M-1740	7.0

La retención de líquido en el demister es de aproximadamente de un 10% del peso de la malla ó menos de un 2% del volumen del demister, la porosidad (ϵ) indicada en la ecuación anterior, depende del espesor de los filamentos utilizados en la fabricación de la malla. Los datos enlistados abajo son necesarios para efectuar el cálculo de la caída de presión y para su requisición.

1. Uso del demisters.
2. Flujo del gas.
3. Temperatura y presión de operación.
4. Densidad del gas y niebla
5. Viscosidad del gas y niebla
6. Velocidad de operación del gas y la pérdida de presión permisible
7. Diámetro de las partículas en la niebla y su concentración
8. Eficiencia de separación deseada

7.1.9 Instalación de las mallas separadoras

El recipiente podrá ser horizontal o vertical, pero la malla debe estar en un plano horizontal con el objeto de evitar la acumulación del líquido. En situaciones especiales, algunas unidades se han colocado formando un ángulo con la horizontal, pero de esta manera suelen acumular líquido en la parte inferior de la malla.

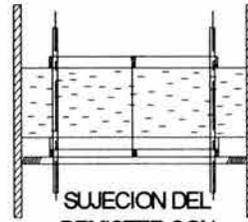
La unidad separadora de malla tejida puede colocarse en una tubería, en cuyo caso se emplea usualmente una unidad redonda y plana, o puede colocarse en un recipiente convencional. Ya que el material no es auto soportable en tamaños arriba de 30.5 cm de diámetro, requiere barras de soporte en su punto de localización en el recipiente.

En algunas unidades el diámetro de la malla es menor al del recipiente. Esto es necesario para una mínima caída de presión y una mejor eficiencia de operación bajo las condiciones del sistema, y aplica particularmente cuando se emplea un recipiente existente. Si el demister se coloca horizontalmente, resulta muy fácil su instalación, se coloca un soporte en la parte inferior de éste, o en ambos lados, este tipo de instalación se hará cuando la temperatura y presión sean altas, o bien cuando exista vacío. El soporte del demister es fijado junto con la malla con alambre de 2 mm de diámetro antes de la instalación y se coloca un anillo soporte o una cinta, y si el diámetro es pequeño, el demister se fija a la pared por medio de tornillos y tuercas, tal como se muestra en la Figura 7.9

Figura 7.9



SUJECION DEL
DEMISTER CON
ALAMBRE



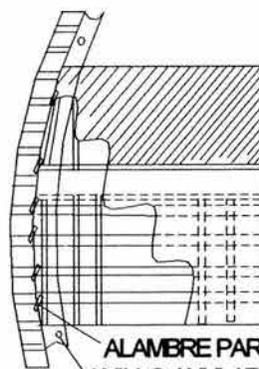
SUJECION DEL
DEMISTER CON
TORNILLOS Y
TUERCAS



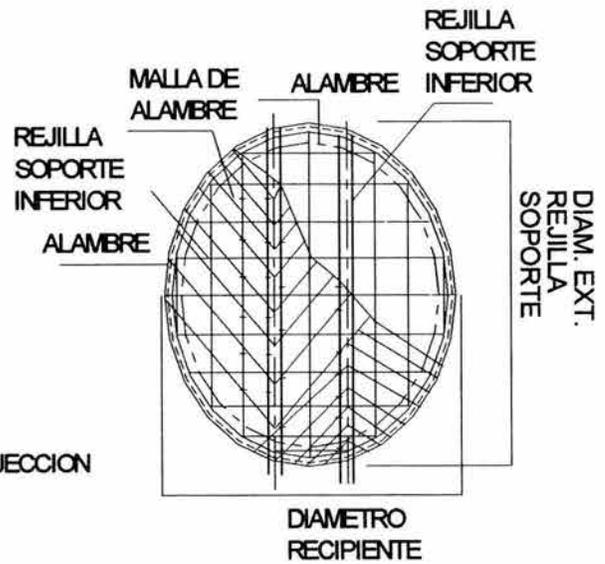
SUJECION DEL
DEMISTER CON
BRIDA DE ANCLAJE



SUJECION DEL
DEMISTER CON
BRIDA SANDWICH



ALAMBRE PARA SUJECION
ANILLO ANULAR



REJILLA
SOPORTE
INFERIOR
ALAMBRE
MALLA DE
ALAMBRE
ALAMBRE
REJILLA
SOPORTE
SUPERIOR

DIAM. EXT.
REJILLA
SOPORTE

DIAMETRO
RECIPIENTE

7.2 Cascaron cilíndrico o envolvente.

Cuando consideramos el procesamiento de materia prima subproducto y producto terminados dentro de una planta de proceso, el objetivo principal a considerar es el de procesar grandes cantidades de material en la forma más económica posible y para esto se utiliza una amplia gama de separadores vapor-líquido, pero como es obvio, las consideraciones de optimización económica de estandarización y diseño confiable y seguro, de tal manera que el envolvente y las tapas nos den el mejor espesor posible de acuerdo al código ASME SECCION VIII, de tal manera que se cubran una amplia variedad de capacidades.

El cuerpo de los equipos es construido normalmente con metales, plásticos, aleaciones, metales plaqueados o materiales con recubrimientos internos apropiados para contener el fluido, cuando no se prevén problemas de corrosión apreciables, el material y el espesor más adecuado usado tanto por su costo como por su facilidad de fabricación es la placa de acero al bajo carbono.

Como los equipos requieren de una inversión considerable para manejar una cantidad limitada de fluido en cuyo caso sus dimensiones son fijadas por la cantidad de fluidos a manejar.

La carcasa de los equipos requieren de un diámetro y altura óptimas aunque estén influenciadas por el costo de cimentación y el costo del terreno.

Los envolventes para recipientes a presión pueden fabricarse con tubos sin costura.

7.3 Cabezas o tapas de recipientes separadores de proceso

Por su incidencia en el costo de los recipientes de proceso, comentaremos en esta ocasión las características y condiciones de diseño de las cabezas. Los tipos más comunes de cabezas son: las planas, las cónicas y las abombadas, aunque el uso de las tapas planas y cónicas en este caso los descartaremos por no ser útiles para los recipientes que son objeto de nuestro estudio, por lo tanto sólo emplearemos las cabezas abombadas que son las más comúnmente usadas, ya que este tipo de cabezas presentan una gran reducción al cambio brusco de forma, cuando se ensamblan al cuerpo del recipiente disminuyendo de esta manera la localización de esfuerzos.

En general, todos los recipientes que operan a vacío o que en su espacio de vapor admiten una presión manométrica igual o superior a 0.350 kg/cm^2 , se construyen con cabezas abombadas que pueden adaptarse indistintamente a la sección cilíndrica de una manera que la presión interna actúe sobre su lado cóncavo. Actualmente se cuenta con varias clases de cabezas o tapas prefabricadas, las cuales en su mayoría son fabricadas a partir de una placa circular plana; el código para recipientes a presión ASME, permite utilizar las cabezas que se consideran más típicas. Las cabezas o tapas abombadas más comúnmente usadas en los recipientes de proceso son:

1. Toriesféricas
2. Elípticas
3. Hemisféricas

1. Cabezas abombadas con ceja ASME (toriesféricas).

El rango de presión de las tapas abombadas con ceja se puede aumentar si se disminuyen los esfuerzos que se presentan en la esquina de la cabeza, esto se logra haciendo que el radio interior de la esquina o radio de transición sea al menos tres veces el espesor del metal ($icr=3t$); para construcción por código el icr no debe ser menor que el 6% del diámetro interior.

También el radio de la corona (r) debe ser menor o igual que el diámetro de la cabeza. Se fabrican en diámetros nominales correspondientes a diámetros externos:

- 12 – 42 pulgadas en incrementos de 2 pulgadas.
- 42 – 144 pulgadas en incrementos de 6 pulgadas.
- 144 – 240 pulgadas en incrementos de 12 pulgadas.

El volumen en pies cúbicos de las tapas con el icr igual al 6% del diámetro externo sin incluir la ceja recta es aproximadamente:

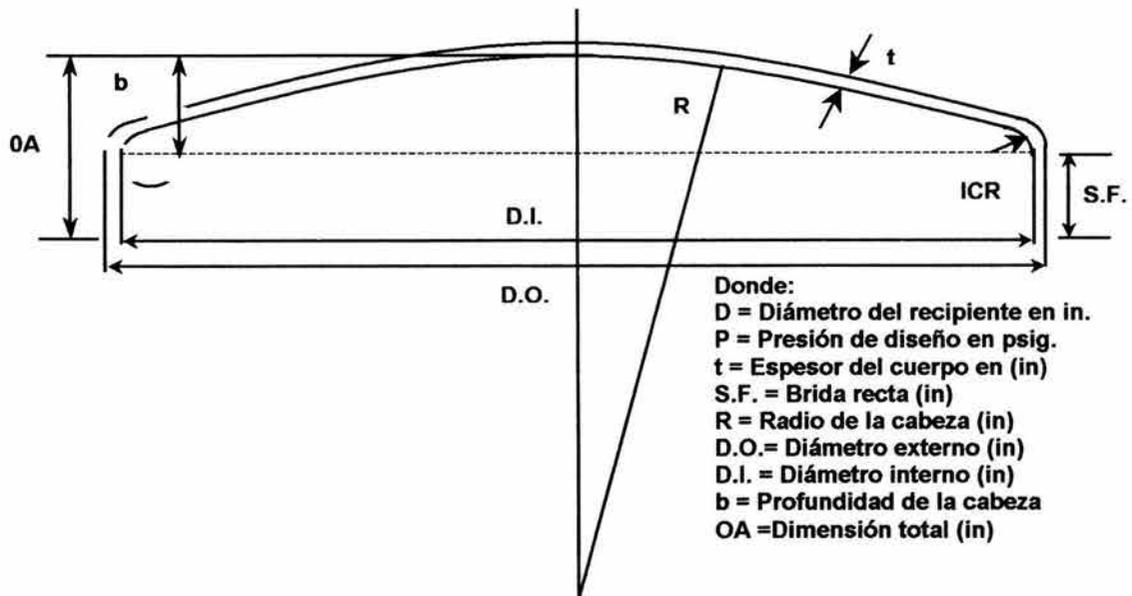
$$V = 0.000049 * di^3 \dots\dots\dots 7.7$$

donde: V = volumen de la tapa toriesférica a la ceja recta en (ft^3)
 di = diámetro interno del recipiente, en (in).

Las cabezas de este tipo se usan para servicios entre 15 – 200 psig. Para presiones superiores a 200 psig es más conveniente y económico usar una cabeza elíptica abombada con ceja. Estas cabezas se usan en recipientes construidos por especificaciones de código, para recipientes a presión no sujetos a fuego. En general, estas cabezas son usadas indistintamente para recipientes horizontales y verticales, para una gran variedad de equipos de proceso dentro de los rangos de presión especificados.

Para presiones superiores a los 150 psig deberán compararse los costos de estas cabezas con los costos de las cabezas elípticas con código para poder decidir cuál usar. La selección óptima basada en el costo total varía con la presión, el diámetro, el espesor y el material de construcción.

Figura7.10 Tapa toriesférica, mostrando sus características principales.



2. Tapas abombadas elípticas

En el rango de presión cercano a los 100 psig, estas cabezas se prefieren en lugar de las toriesféricas, y para recipientes diseñados a presiones superiores a los 200 psig, donde ya no resulta económico el uso de tapas toriesféricas. En realidad, el uso de tapas cuyo corte transversal es una media elipse, se extiende desde las 15 lb/in² sin limitaciones en las dimensiones del recipiente.

En esta tapa disminuye la enorme diferencia entre el radio de curvatura de la parte abombada y de la parte de transición. La adaptación de la dirección de la tapa a la del cuerpo cilíndrico, se hace regularmente de acuerdo al desarrollo de una elipse, cuyas características esenciales en el diseño son su eje mayor y su eje menor frecuentemente expresados como una relación. Si la relación de ejes mayor a menor es de 2:1, la resistencia de la cabeza es aproximadamente igual a la resistencia de una carcasa cilíndrica sin costura que tiene los correspondientes diámetros externo e interno.

Por esta razón, la mayoría de los fabricantes han estandarizado las cabezas elípticas, que como ya dijimos, tienen una relación de ejes de 2:1, la profundidad interna de abombamiento es 1/2 del eje menor y es igual a 1/4 del diámetro interno de la cabeza. Estas tapas se fabrican en función del diámetro interno como diámetro normal y están disponibles en:

- 12 – 42 pulgadas en incrementos de 2 pulgadas
- 12 – 216 pulgadas en incrementos de 6 pulgadas

El volumen contenido en ft³ dentro de la cabeza sin incluir la ceja recta es calculado con la ecuación siguiente:

$$V = 0.000076 * d_i^3 \dots\dots\dots 7.8$$

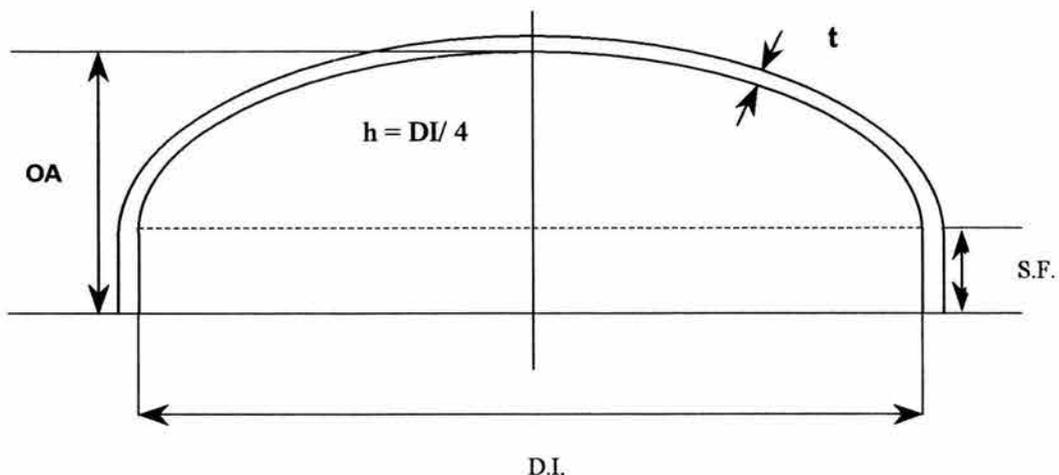
Donde V = Volumen de la cabeza abombada elíptica hasta la ceja recta en (ft³)
 di = Diámetro interno del recipiente en (in)

La profundidad interna del abombamiento es calculada con la siguiente ecuación:

$$h = d_i / 4 \dots\dots\dots 7.9$$

donde: h = La profundidad interna del abombamiento en (in)
 di = Diámetro interno del recipiente en (in)

Figura 7.11 Tapas elípticas, relación de ejes 2.1, mostrando sus características principales.

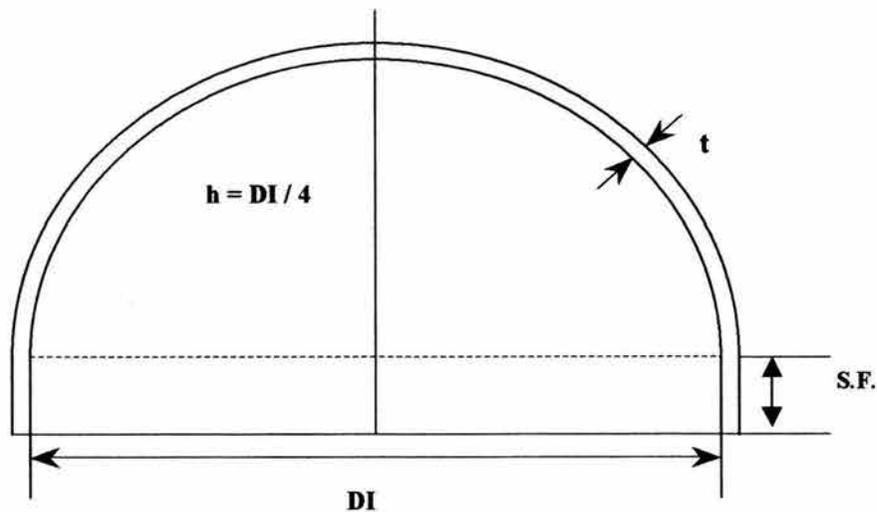


3. Cabezas hemisféricas

Este tipo de tapas es ideal para el cierre de un recipiente cilíndrico a presión, ya que requieren sólo la mitad del espesor del cilindro para resistir la misma presión de diseño. Para un dado espesor, las cabezas hemisféricas son las más resistentes de las cabezas formadas. Estas cabezas pueden ser usadas para resistir aproximadamente el doble de presión de la que soportarían las cabezas elipsoidales o una carcasa cilíndrica con el mismo espesor y diámetro. La limitación más fuerte para su uso generalizado es su alto costo de fabricación, el cual es más alto que el de las tapas toriesféricas y elípticas.

A pesar de lo anterior, a presiones altas resultan más económicas que las tapas elípticas. La zona de presiones internas en la cual se utilizan comienza en las 400 lb/in² compitiendo con las tapas elípticas. La disponibilidad de tapas hemisféricas no es tan amplia como en los otros tipos de tapas. Las dimensiones en que son fabricadas de una sola pieza por algunas compañías son muy específicas. En cuanto a diámetro interior se refiere, se fabrican desde 12 in hasta 94 in en dimensiones al azar. En espesores se fabrican desde 3/8 in hasta 3 1/2 in.

Figura 7.12 Tapa hemisférica, mostrando sus características principales.



En general, pueden usarse las siguientes recomendaciones para hacer la selección preliminar del tipo de cabezas, sujetándose principalmente a rangos prácticos de presión de diseño y diámetro del recipiente.

- Cabeza Toriesférica- Se utiliza para bajas presiones ($D \leq 15$ ft y $P < 100$ psig)
- Cabeza Elíptica 2:1- Se utiliza para presiones intermedias ($D \leq 15$ ft y 100 psig $\leq P \leq 450$ psig)
- Cabeza Hemisférica- Se utiliza para presiones altas ($D \leq 15$ ft y $P > 450$ psig), ($D > 15$ ft).

7.4 Soportes de los recipientes separadores.

Los tipos más comunes de recipientes separadores vapor-líquido se pueden clasificar en horizontales y verticales.

Los recipientes horizontales son aquellos que descansan sobre dos soportes (silletas), y este tipo de equipos normalmente se utilizan como acumuladores de reflujo de vapor, de substancias que provengan de otros equipos especiales, etc. Dentro de los recipientes verticales se encuentra una gran variedad aunque los normalmente usados son los tanques flash, los cuales están soportados por medio de patas de ángulo o tubo, faldones cónicos erectos y soportes integrados al cuerpo, etc.

Para la elección del tipo de soporte adecuado se deben de considerar los siguientes factores:

- Posición del recipiente.
- Espacio disponible.
- Entorno que actúa sobre el recipiente.
- Tamaño y peso del recipiente.
- Elevación del equipo dada por la cabeza neta de succión positiva de la bomba que transfiere el fluido del equipo de separación.
- Control de nivel de fondos en el tanque.
- Plataformas comunes con otros equipos.
- La altura del rack de tuberías que conducen las líneas que entran o salen del equipo de separación.

7.5 Registro de hombre, diámetro requerido: En estos casos se consideran normalmente registros de 18 in, exceptuando el caso de recipientes con mallas en los que se recomienda utilizar registros de hombre de 20 in y 24 in, normalmente un solo registro será necesario, exceptuando el caso de recipientes especiales (torres, desaladoras, reactores) que pudieran requerir un número mayor para facilidad de acceso para instalación y mantenimiento de internos.

La entrada de hombre puede ser localizada en la parte superior del recipiente, en un lado, o en la parte inferior del equipo.

7.6 Boquillas de venteo: Normalmente se instalarán las boquillas de venteo sobre las tuberías conectadas al recipiente, siempre y cuando dichas tuberías salgan por la parte superior del mismo y no existan válvulas o bridas ciegas entre el recipiente y el venteo. El diámetro de la boquilla de venteo deberá ser cuando menos de dos diámetros nominales inferior a la tubería en la cual se colocará dicha boquilla de venteo, por otra parte, el diámetro mínimo de una boquilla para este servicio que se tenga que conectar sobre un recipiente, será de 1½ in, tomando en cuenta que es la mínima conexión que se puede hacer en forma bridada.

Las dimensiones de las boquillas de venteo dependerán, en términos generales, de la capacidad volumétrica del recipiente, de acuerdo a la tabla 7.13, siguiente.

Tabla 7.13

Capacidad del recipiente (ft ³)	Diámetro de la Boquilla de venteo (in)	Instalación
50 o menos	¾	Tubería
51 – 200	1	Tubería
201 – 600	1	Tubería
601 – 2500	1 ½	Tubería ó recipiente
2501 o más	2	Tubería ó recipiente

7.7 Boquillas de drenaje: Normalmente se instalarán las boquillas de drenaje en el punto inferior de los recipientes, exceptuando el caso de los recipientes cuya boquilla de descarga no tenga una proyección interna en el mismo. Las boquillas de drenaje conectadas sobre las líneas de fondo asociados al recipiente, deberán ser de cuando menos dos diámetros nominales inferiores al de la tubería en la que se coloque la boquilla de drenaje.

Las dimensiones de las boquillas de drenaje dependerán, en términos generales de la capacidad volumétrica del recipiente, de acuerdo a la tabla 7.14 siguiente:

Tabla 7.14

Capacidad del recipiente (ft ³)	Diámetro de la boquilla de venteo (in)	Instalación
50 o menos	1	Tubería ó recipiente
51 – 200	1 ½	Tubería ó recipiente
201 – 600	2	Tubería ó recipiente
601 o más	3	Tubería ó recipiente

7.8 Conexiones para válvulas de seguridad o discos de ruptura: Normalmente estos dispositivos deberán instalarse sobre las líneas asociadas a los recipientes correspondientes, exceptuando los casos en que debido al diámetro de dichas válvulas sea necesario instalarlas sobre el propio recipiente y deberán construirse, localizarse e instalar de manera que sean fácilmente accesibles para la inspección y reparación, y de manera que aseguren un servicio continuo, debiendo seleccionarse sobre la base del servicio propuesto.

Los dispositivos de relevo deben estar diseñados de tal forma que maneje la masa necesaria para el desfogue, y que además no sea mayor de lo realmente requerido, pues se elevaría el costo de forma innecesaria. Deben analizarse todas las posibles causas de relevo (fuego externo, descarga bloqueada, ruptura de tubos, falla de agua de enfriamiento, falla de corriente eléctrica, etc) que pudieran ocasionar una sobrepresión en el recipiente, hasta alcanzar la presión de diseño del mismo, con el objeto de diseñar el dispositivo de seguridad (válvula o disco) para proporcionar el área requerida, por la causa más crítica que se presente en el sistema, evitando así exceder la presión de diseño del recipiente que se protege.

7.9 Boquillas de manómetros y termómetros: Preferentemente tendrán una capacidad de hasta el doble de la presión y temperatura, pero en ningún caso la capacidad será menor a 1.5 veces la presión y temperatura a la cual se ajuste el dispositivo, normalmente el tamaño de la boquilla será de ½ in ó ¾ in la conexión de éstos instrumentos, son localizados en un punto que sea visible para el operador.

7.10 Boquillas para el control de nivel: Normalmente se instalarán boquillas para el control de nivel en recipientes, utilizándose conexiones bridadas de 1½ in la boquilla de nivel mínimo se instalará a la altura de este nivel (normalmente a 6 in). La boquilla de nivel máximo se instalará normalmente a una distancia de 6 in sobre la altura de dicho nivel, excepto donde, por la naturaleza del desplazador, se especifique un valor diferente.

Para recipientes que requieren conexiones para control de paro de compresores, se considerarán dos boquillas adicionales de 1½ in como mínimo, a las correspondientes necesidades para el control de nivel del recipiente; para conexiones de control de nivel asociados a un árbol externo, deberán considerarse boquillas de 2 in para conectar dicho árbol al recipiente, en caso de recipientes horizontales, las boquillas de control estarán localizadas en la parte superior e inferior del recipiente, usándose conexiones de 2 in para tal fin.

7.11 Boquillas para conexión de control de presión: Normalmente las boquillas de control de presión en recipientes estarán colocadas en dichos recipientes, se usarán conexiones de 2 in para tal fin y las Boquillas para entradas de corrientes de desviación de otros equipos. En algunos casos se requiere desviar un cierto flujo de vapor en equipos como condensadores para mantener un control de presión, regulando la cantidad de vapor que para por los cambiadores de calor. La corriente desviada se llevará directamente al recipiente acumulador respectivo, se especificará el diámetro de la boquilla respectiva (usualmente la requerida para manejar de un 20% a un 30% del flujo total de los vapores provenientes por ejemplo de torres de destilación) de acuerdo a los flujos de vapor involucrados y a las características del condensador correspondiente.

7.12 Boquilla de alimentación de mezcla vapor-líquido (flujo a dos fases a tanques separadores)

- a. Evitar el tipo de flujo *slug* y *plug*, prefiriéndose los tipos de flujo anular o burbuja
- b. La velocidad de erosión se considera como un límite, y se calcula por la siguiente ecuación:

$$V_{EROSIÓN} = \frac{160}{\rho_{MEZ}^{0.5}} \left[= \right] \frac{ft}{seg} \dots\dots\dots 7.10$$

$$\rho_{MEZ} = \rho_L * (W_{XL}) + \rho_V * (1 - W_{XL})$$

$$W_{XL} = \frac{W_L}{W_L + W_G}$$

$$W_{XV} = 1 - W_{XL}$$

Donde :

$$\rho_L = \text{Densidad del líquido} \left[= \right] \frac{lb}{ft^3} ; \rho_V = \text{Densidad del vapor} \left[= \right] \frac{lb}{ft^3}$$

$$W_L = \text{Gasto másico del líquido} \left[= \right] \frac{lb}{hr} ; W_G = \text{Gasto másico del vapor} \left[= \right] \frac{lb}{hr}$$

W_{XL} = composición del líquido.

w_{xv} = composición del vapor.

- c. Cuando hay posibilidad de flujo tipo slug o plug, se fija la velocidad máxima para evitar la rotura de codos según la ecuación:

$$V_{max} = 925 * \frac{t}{D}$$

Donde :

D = Diámetro interior de la tubería, en in

t = Espesor de la pared de la tubería, en in

7.13 Boquilla para salida de vapor.

La tubería relacionada con los recipientes separadores generalmente es muy simple y económica, además de ser diseñada conveniente para dar un fácil acceso a las válvulas e instrumentos dependiendo principalmente de una buena orientación de las boquillas.

Cuando la principal función de éstos equipos es la de separar mezclas vapor-líquido y entregar el vapor substancialmente libre de líquidos a otras unidades de proceso.

La mezcla vapor-líquido entran en el extremo superior del recipiente y la salida del líquido es en el fondo pero opuesta a la entrada de la mezcla. La entrada al fondo del equipo de la mezcla vapor-líquido es posible por medio de un tubo buzo y una placa interna soldada en el cuerpo del recipiente frente al tubo buzo para evitar la erosión del cuerpo del equipo.

En algunos casos se encuentran centralmente localizadas las boquillas de entrada de mezcla vapor-líquido, salida de vapor y líquido por ser más conveniente para el diseño del equipo, tuberías e instrumentos.

En general la boquilla de salida de vapor es más conveniente localizarla radicalmente opuesta a la salida del líquido.

Las boquillas en los recipientes a presión deben ser preferentemente circulares, elípticas o redondeadas, una abertura redondeada se forma por dos lados paralelos y externos semicirculares. Para propósitos de diseño, las aberturas hechas por un tubo o boquilla circular, cuyo eje no es perpendicular al recipiente o a la cabeza, se puede considerar como una abertura elíptica. Para las aberturas adecuadamente reforzadas, no hay límite de tamaño, pero cuando la abertura en la cabeza de un cuerpo cilíndrico es mayor que la mitad del diámetro interior de la cabeza, se recomienda usar en lugar de la cabeza, secciones reductores del cuerpo. Cuando se ha hecho una abertura en alguna parte del recipiente, se debilita el material alrededor de la abertura debido a la concentración de esfuerzos, por lo tanto, se hace necesario reforzar esta zona, aplicando material alrededor de la abertura.

Algunos fabricantes siguen una práctica muy simple, usando placas de refuerzo con un área transversal igual al área del metal realmente removido para la abertura, de esta práctica resulta un esfuerzo sobredimensionado, pero con la eliminación de los cálculos, lo encuentran más económico, en general, las boquillas son conexiones de tubería cortas, soldadas al cuerpo del equipo y es donde llegan o salen líneas de tubería, pueden ser fabricadas de acoplamientos de tubería roscados si el tamaño del tubo no es mayor de 3 in del tamaño nominal del tubo, por razones prácticas, se recomienda que cualquier boquilla que tenga un tamaño nominal mayor que 2 in tenga acoplamiento de brida.

La orientación de las boquillas conectadas al tanque es muy simple y económica, estas boquillas debe ser convenientemente accesibles para las válvula es instrumentos, dependiendo principalmente de una buena orientación de éstas, la Figura 7.16, muestra un proceso útil convencional y los arreglos de los instrumentos en un tanque de proceso horizontal. En el caso de un tanque vertical, el arreglo de entradas de hombre, boquillas, instrumentos, etc, es muy similar al de un tanque horizontal, el plano de localización general y la localización del equipo adjunto a un tanque de proceso puede también influir en la localización de las boquillas, instrumentos, etc., en la posición y orientación del mismo tanque.

7.14 Boquillas para salida de la fase ligera y pesada.

Es práctico emplear un recipiente horizontal para separar un vapor de dos líquidos, el vapor se separa de los dos líquidos que caen a través del mismo, se acumulan y eventualmente forman dos capas. Sin embargo, el recipiente, tiene los internos adecuados, la salida de la fase ligera se efectúa a través de una boquilla lateral y la salida de la fase pesada se lleva a cabo por la pierna o la parte inferior del recipiente.

El volumen del recipiente debe ser tal que de tiempo que una gota de la fase dispersa en la otra parte, a desplazarse desde la parte superior (o inferior) del recipiente a la intercara de la interfase. A este fin a veces se utiliza relleno o pantallas horizontales para reducir el volumen del recipiente, pues las gotas solo tendrán que alcanzar la pantalla en vez del fondo del recipiente con lo que requeriría un menor tiempo de residencia, también se usan pantallas perforadas verticales, que reducen la turbulencia y frenan las venas líquidas. De todos modos dadas las limitaciones actuales de los métodos teóricos para calcular las velocidades de decantación, por ejemplo si se requiere aceite libre de agua y la cantidad de aceite es relativamente pequeña y la velocidad de asentamiento del aceite que sale de la fase acuosa, en éste caso el aceite puede retirarse a través de una mampara y una boquilla lateral y el agua se desaloja por la parte inferior del equipo cumpliendo así con la separación completa de ambas fases.

7.15 Eliminador de Remolinos (Breaker Vortex)

Todas las descargas de líquidos deben ir dotadas de rompetorbellinos, pues la formación de torbellinos puede producir vibraciones, cavitación del equipo de bombeo, etc. El tipo más práctico es el fabricado con rejillas de barras de 1 in separadas 1 in con travesaños a 4 in, disponible en acero al carbono, inoxidable, plástico. El tamaño del cuadrado de la rejilla óptimo es cuatro veces el diámetro de la boca, con un máximo igual a un tercio del diámetro del recipiente. La distancia del rompetorbellinos debe ser igual a la mitad del diámetro de la boca, con un mínimo de 3 in.

En general, para rompetorbellinos en el fondo, se ponen tres rectángulos alternativamente girados 90° y a 5 in de distancia entre ellos. Las posiciones de las bocas de descarga en orden de menos conveniente a la más tangencial (a evitar en lo absoluto) en el fondo y lateral.

Existe un nivel de líquido que evita la formación de torbellinos, este nivel crítico varía poco para velocidades del fluido superiores a 2.5 ft/seg, pero para recipientes que se están vaciando, es del orden de tres veces mayor que para recipientes con un nivel estacionario. El mayor inconveniente de los rompetorbellinos es la severa erosión, y a menudo por corrosión a que están sometidas, por lo que sin inspección frecuente, a veces no se sabe si todavía existen, en la Figura 7.15 se muestra un arreglo típico de un eliminador de remolinos.

Figura 7.15 Muestra el arreglo más práctico para la fabricación de rompetorbellinos.

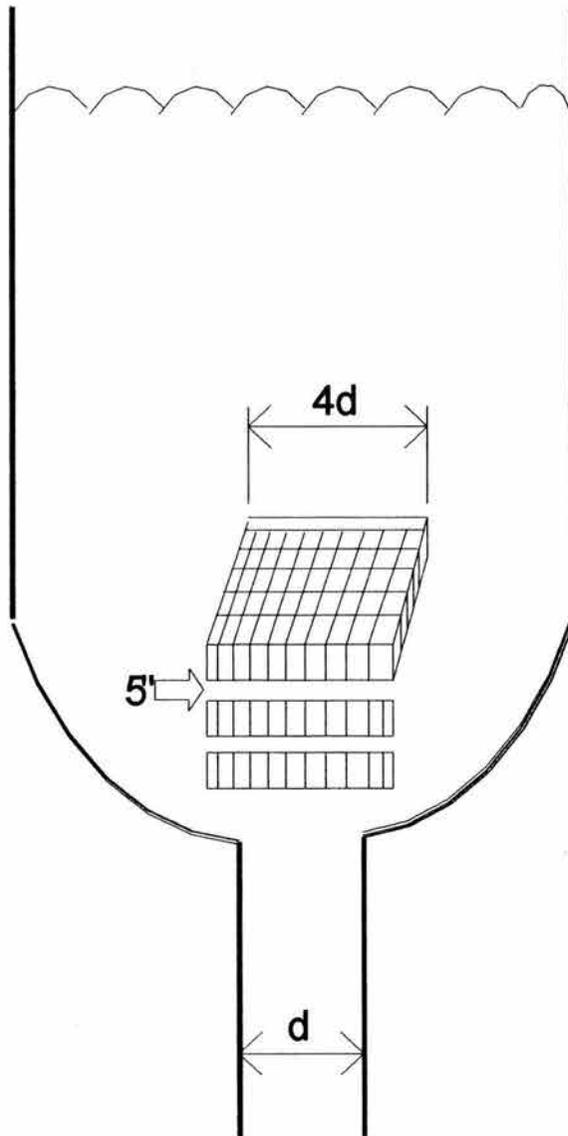
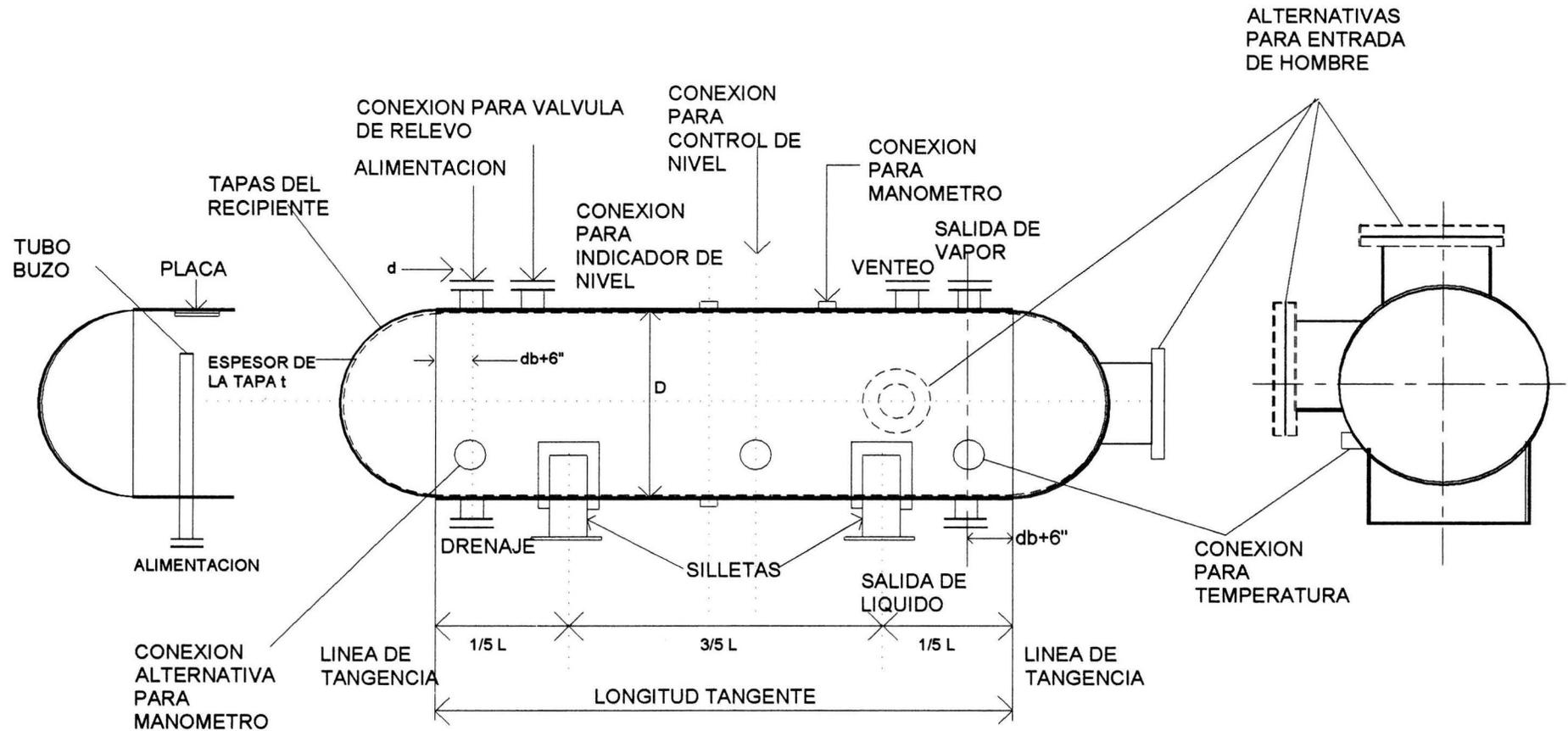


Figura 7.16 localización de boquillas de proceso e instrumentos en un separador horizontal vapor-líquido.



7.16 Aislamiento térmico. El aislamiento térmico adecuadamente aplicado asegura una operación efectiva de los recipientes separadores y conserva el calor, con los benéficos económicos que ello implica, porque nos va a dar un ahorro de energéticos, eficiencia del equipo y seguridad del personal.

Para una situación dada existe una gran variedad de materiales aislantes, pero para la selección óptima de un aislamiento térmico, debemos tener presente la temperatura máxima de operación de nuestro sistema, las condiciones del medio ambiente, los abusos mecánicos a los cuales pueda estar sujeto el material, y para el mejor funcionamiento de nuestro aislamiento térmico, se debe procurar realizar una buena instalación con personal especializado y bajo supervisión experimentada, para asegurarse de que se obtengan en campo los resultados que fueron la meta del diseño.

El aislamiento de los tanques separadores se hará de acuerdo a lo siguiente:

- A. El aislamiento para la conservación del calor. En todos los recipientes, equipo y tubería, cuya temperatura de operación sea de 65 °C o mayor, deberá instalarse para la conservación del calor.
- B. Aislamiento para la protección del personal. Se instalará aislamiento para la protección al personal en todos los recipientes, equipos y tubería, cuya temperatura de operación sea de 65°C o mayor.
- C. Aislamiento térmico en sistemas de baja temperatura. Todos los recipientes que operan a una temperatura de 35 °C o menor deberán indicarse con aislamiento térmico para conservación del calor a baja temperatura.

CAPÍTULO 8

RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LÍQUIDO

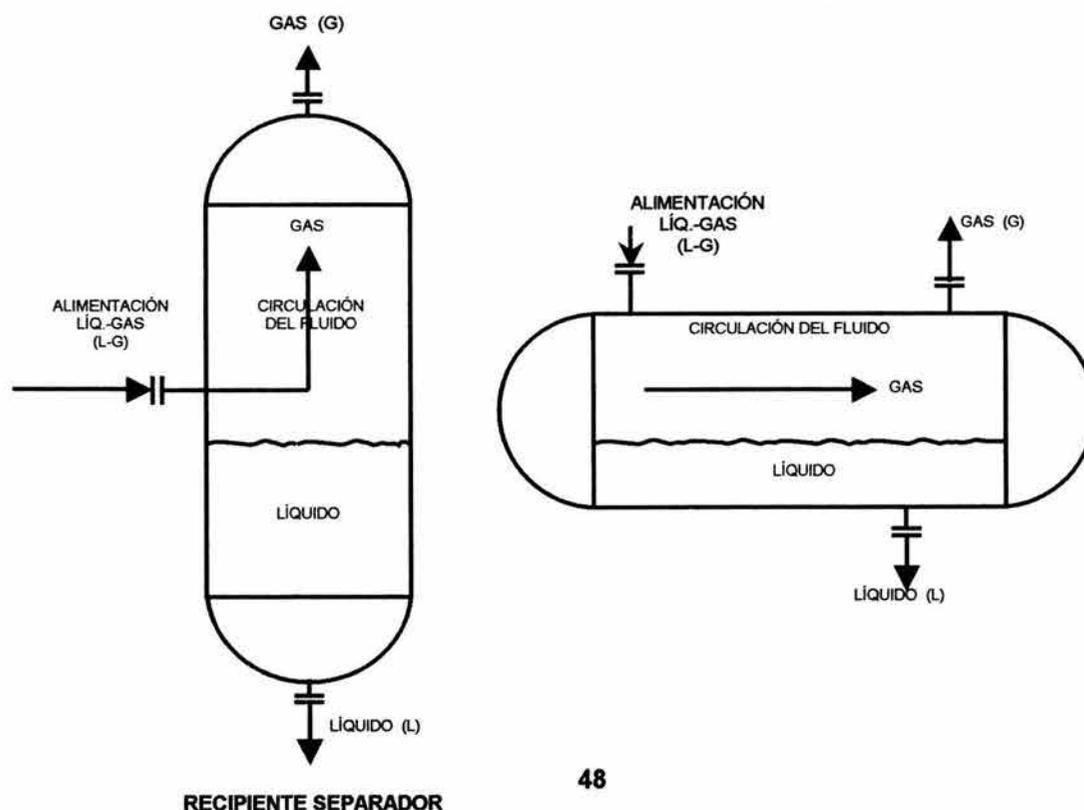
Estos separadores son ampliamente utilizados en los procesos químicos y petroquímicos fundamentalmente. Las principales funciones de este tipo de recipientes son separar mezclas vapor-líquido y entregar los vapores sustancialmente libres de líquidos a otras unidades del proceso, los separadores pueden ser diseñados con malla separadora (DEMISTERS) o sin malla, con internos o sin ellos, en forma horizontal y vertical.

Los primeros se utilizan cuando el volumen de residencia ocupado por el líquido es mayor que el del vapor, pero cuando sucede lo contrario, se utilizan los separadores vapor-líquido verticales, como regla general un recipiente, el cual nos proporciona un volumen de residencia grande, como en el caso de un acumulador de reflujo de una torre de destilación, siempre se diseñará en posición horizontal, y un recipiente el cual nos proporcione un volumen de residencia corto, tal como un tanque de succión de aire de un compresor siempre será vertical.

La separación es llevada a cabo por la proporción de un medio ambiente en el cual los fluidos son directamente separados por la fuerza de gravedad y además por la fuerza del vapor. El principio básico de diseño es el de proveer una velocidad suficientemente baja de tal manera que el vapor se separe del líquido, aunque también tiene una injerencia muy importante el volumen de residencia de los fluidos, el tiempo de residencia y la instrumentación, ya que de estos parámetros depende principalmente el tamaño del equipo. En este tipo de separación se presenta la circulación paralela de una corriente gaseosa y otra líquida, la cual se muestra en la Figura 8.1, se ha visto que existe una cierta velocidad crítica del gas que debe superarse para que inicie el arrastre de las gotas, la cual aumenta con la viscosidad de la película del líquido en contacto con el gas.

Los mecanismos de formación y arrastre de gotas que se presentan en el recipiente son de tres tipos principalmente y se muestra en la Figura 8.2.

Figura 8.1 Circulación paralela líquido-gas.



1. La fragmentación en la parte superior de ondas líquidas de gran amplitud por corte tangencial de la circulación turbulenta del gas, o flujo onda. En el flujo onda, el líquido fluye a lo largo del fondo del tanque y el gas fluye arriba de la interfase gas-líquido y esta es agitada por ondas moviéndose en la dirección del flujo.
2. Corte rasante de la película líquida por la circulación del gas, o flujo bala. En el flujo bala, las ondas se levantan periódicamente en forma de bala espumante, las cuales se mueven a una velocidad más alta que la velocidad promedio del líquido.
3. Choque de masas o gotas del líquido con la superficie del mismo, o flujo tapón. En el flujo tapón, tapones alternados de líquido y gas se mueven a lo largo del tanque.

Intuitivamente se ve que los mecanismos anteriores pueden ser generales en todo tipo de dispositivos por los que circulen simultáneamente fases líquidas y gaseosas.

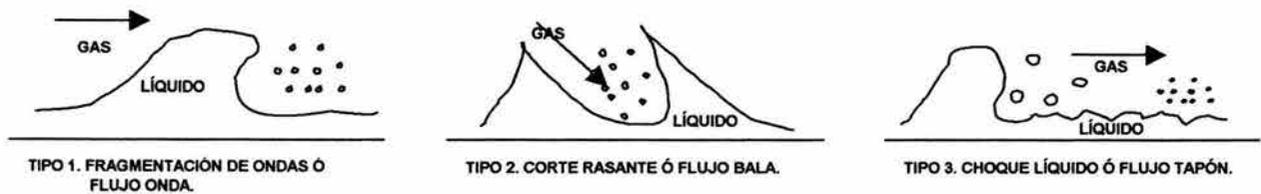


Figura 8.2 Mecanismos de formación de gotas.

Los tipos de suspensiones que se encuentran principalmente en las industrias de proceso son las siguientes:

- Suspensión de gotas de diámetro mayor a 20 μ .
- Nieblas o aerosoles gotas de un diámetro comprendido entre 3 μ y 20 μ .
- Neblinas gotas con un diámetro menor a 3 μ .

Pero en general el rango de las gotas producidas normalmente en las industrias de proceso está situado entre 1 μ y 100 μ . En general el diámetro de un recipiente que maneja fase líquida y gaseosa, está limitada por el caudal de la fase gaseosa. (Fase continua o dispersa), de manera que dado un recipiente cuando este aumenta demasiado se produce un excesivo arrastre de la fase dispersa y la pérdida de carga a través del recipiente aumenta de tal manera que la fase gaseosa deja de ser continua pasando a serlo la líquida; es decir, se convierte esta última en fase dispersante. Esta situación que puede aparecer en un campo relativamente indefinido de variación del caudal del gas, y se denomina inundación.

El proceso de inundación está relacionado con el caudal del líquido y también puede limitar la capacidad del recipiente, por lo que aunque la determinación de la sección se efectúa en función del caudal del gas se comprueba posteriormente si el recipiente tiene suficiente capacidad para el líquido. En concreto para recipientes verticales y horizontales, el diámetro mínimo está fijado por el caudal de la fase dispersante. También indicaremos que la inundación se altera totalmente y puede originarse con caudales relativamente bajos de espuma en el sistema, pero a pesar de ello siempre es posible usar expresiones incorporando factores ó parámetros que reflejen el fenómeno o incluyan factores de seguridad, por lo que podemos decir que el parámetro:

$$V = K * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G}} \dots\dots\dots 8.0$$

Donde:

V es la velocidad de diseño

K = es una constante de velocidad

ρ_L y ρ_g = Son las densidades del líquido y del gas respectivamente

Esta ecuación es la típica para caracterizar las capacidades o secciones del recipiente por los que circula una fase gaseosa y otras líquidas, pero además de la posición del recipiente, la situación de saturación o inundación ofrece ciertas dificultades según si en el interior del recipiente existe una malla o no, en caso de existir una malla y un excesivo arrastre de gotas líquidas se produce primeramente el taponamiento del poro de la malla y luego la inundación, y en el caso de no tener malla una pérdida excesiva de carga es suficiente para producir la inundación.

Aunque pueden aparecer todas las combinaciones de fases (gas-líquido, líquido-líquido, gas-sólido, etc.). analizaremos tan solo los dos casos más frecuentes en las industrias de proceso: gas (ó vapor)-líquido-líquido, líquido- líquido no emulsionados, el caso de las emulsiones no lo estudiaremos aquí por tratarse de un fenómeno fisicoquímico, que no puede ser eliminado por simples medios físicos (la fuerza de gravedad) que son los únicos que aquí consideraremos.

La eliminación de nieblas o suspensiones de líquidos inmiscibles se efectúa controlando la velocidad de las corrientes, pues cuando una fase está dispersa en el seno de la otra, la fuerza de gravedad tiende a separarlas y sólo si se mantiene una velocidad suficiente superior a una determinada velocidad crítica de la corriente dispersante o continua, se mantiene la fase dispersa sin decantar, por efecto de una sustentación por rozamiento. Reduciendo la velocidad de la fase continua por debajo de dicha velocidad crítica, la sustentación es igual o inferior al peso de las partículas en suspensión y las dos fases se separan. Obsérvese que por tratarse de un problema de velocidades relativas, la velocidad crítica es igual a la velocidad de sedimentación de las partículas.

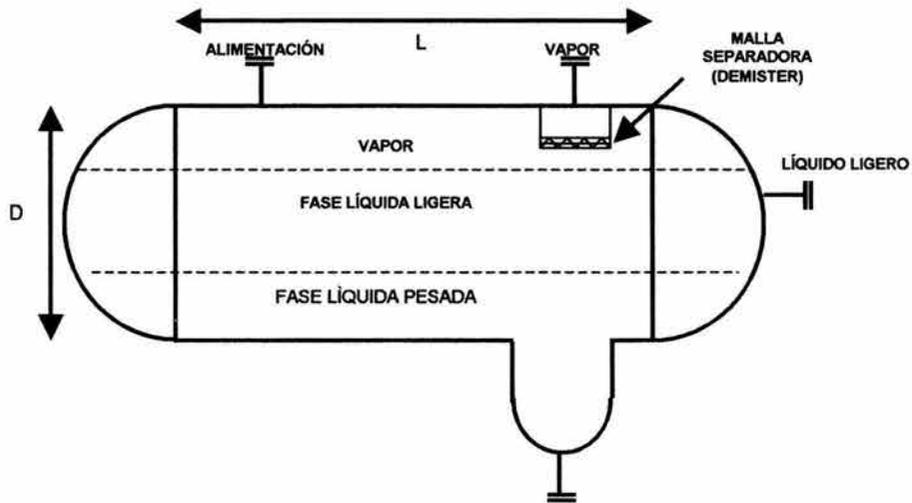
Del hecho que estas separaciones se efectúen limitando la velocidad, se desprende que la sección mínima de paso de la corriente está limitada por la necesidad de efectuar dichas separaciones: es decir, el diámetro del equipo viene gobernado por la fuerza de gravedad y por la pérdida de carga. En concreto, para recipientes verticales el diámetro mínimo está fijado por el caudal de la fase dispersante. Para recipientes horizontales, influye también el tiempo de residencia de la fase dispersa.

En ciertos casos la separación vapor-líquido puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación por asentamiento de dos fases líquidas. Aunque se puede introducir una simplificación en el caso de pequeñas cantidades de una segunda fase líquida pesada estableciendo empíricamente un tiempo de residencia que permita la decantación de la segunda fase, más un tiempo de residencia por necesidades de control equivalente al líquido, contenido entre el nivel máximo y mínimo mas un tiempo de residencia para la decantación equivalente al líquido por debajo del nivel mínimo de tal forma que el tiempo de residencia total para un separador vapor-líquido que condense dos fases es:

$$T_{\text{RESIDENCIA TOTAL}} = T_{\text{RESIDENCIA (ACUMULADOR)}} + T_{\text{RESIDENCIA (DECANTACIÓN)}}$$

Según sea la importancia relativa de la segunda fase a separar, el recipiente se provee de un colector o no. Este colector consiste de un cilindro vertical de menor diámetro que el del recipiente, injertado en la parte inferior del mismo para extraer la fase pesada fuera del separador, permitiendo de esta manera un mejor control de la operación y posiblemente se logre reducir el tamaño del recipiente. A este pequeño recipiente soldado en todo su diámetro a la parte inferior del recipiente comúnmente se le denomina pierna del recipiente mayor, y se muestra en el Figura 8.3.

Figura 8.3 Separador horizontal líquido-vapor con pierna



Si el volumen de la segunda fase líquida es pequeño y el diámetro del colector es inferior a los límites mínimos fijados en, la siguiente tabla:

Para D menor de 4 ft	$12 \text{ in} \leq d \leq \frac{1}{2} D$
Para D entre 4 y 8 ft	$16 \text{ in} \leq d \leq \frac{1}{2} D$
Para D mayor de 8 ft	$24 \text{ in} \leq d \leq \frac{1}{3} D$

Donde: D = Diámetro del recipiente y d = diámetro de la pierna

Y para la longitud de la pierna, ésta deberá ser mayor a 3 ft. Si no cumple con los requisitos de diámetro y longitud anteriores, no se colocará pierna, pero sí un tubo buzo que permita la salida de la fase ligera del recipiente tal y como se muestra en la Figura 8.4, y dándole al tanque una pendiente de 0.5 a 1%.

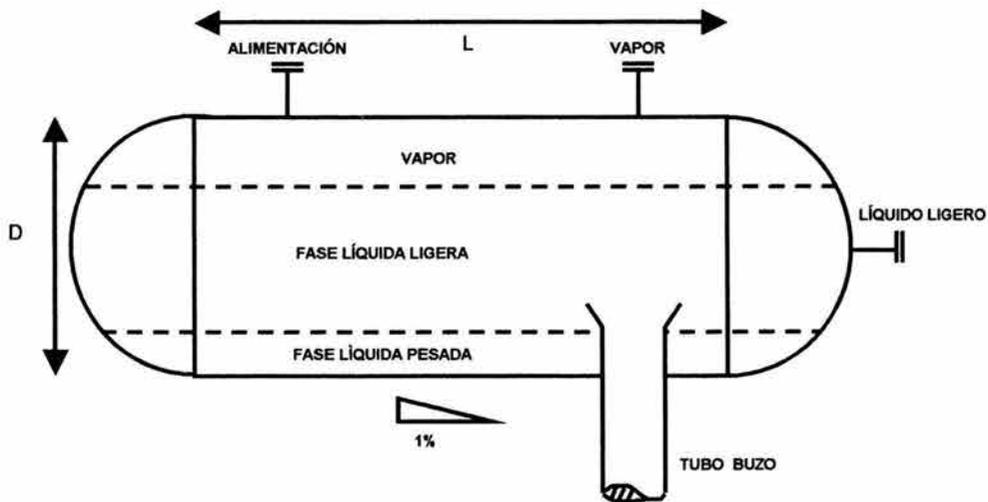


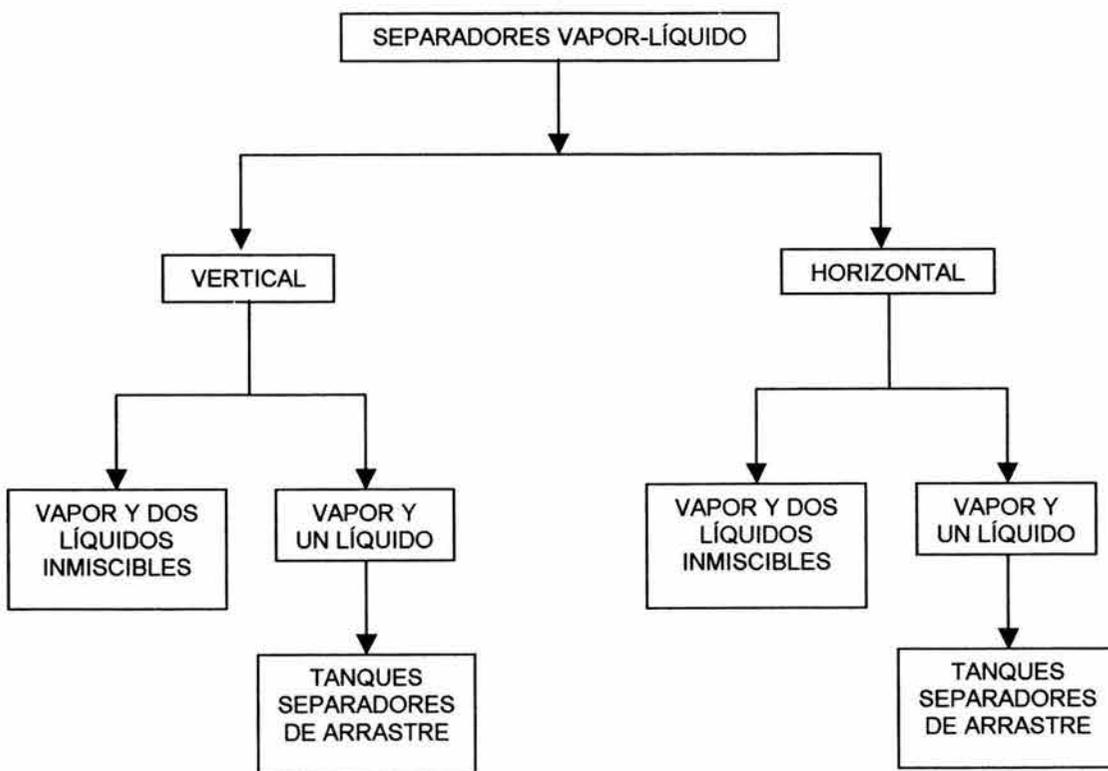
Figura 8.4 Separador líquido-vapor con tubo buzo

En el caso en que no se decante una segunda fase, también se sitúa el nivel mínimo por encima del fondo del recipiente a una distancia igual al 10% del diámetro o 6 in tomándose el mayor de los dos valores, excepto para diámetros muy grandes mayores a 8.5 ft.

En general, en el caso en que existan dos fases líquidas, la solución, teniendo en cuenta la velocidad de decantación, se puede plantear también despreciando el volumen de los fondos, utilizando la ecuación para la velocidad del vapor, y el tiempo de residencia, más una condición que permita la decantación de la segunda fase líquida.

Esta condición será la que establezca que una gota de fase ligera situada en el tope del recipiente pueda alcanzar la interfase durante el tiempo que permanezca en el mismo, antes de que la fase dispersante la arrastre consigo al abandonarlo.

El siguiente esquema resume la estructura de los métodos de diseño para separadores vapor-líquido.



Por otro lado, no es práctico el uso de un recipiente vertical para efectuar la separación de un vapor y dos fases líquidas inmiscibles, ya que generalmente se requiere de dispositivos internos para efectuar una buena separación de las dos fases líquidas. Estos dispositivos internos hacen que el costo del recipiente vertical sea mayor que el de un recipiente horizontal, es también común que el recipiente vertical sea de mayor diámetro que el recipiente horizontal, en general, los recipientes verticales son comúnmente más grandes que los recipientes horizontales para el mismo servicio.

Como ya dijimos anteriormente, la separación de mezclas gas-líquido, se logra mediante una combinación apropiada de los siguientes factores: gravedad, fuerza centrífuga y choque dentro del cuerpo del recipiente separador, muchos de los casos, la selección adecuada del separador más conveniente para la aplicación en cuestión, representa no sólo obtener la máxima eficiencia en su operación, sino también la más económica, de tal manera que al seleccionar un separador, se está eligiendo un aparato cuyo diseño está apoyado en estudios técnicos de laboratorio y una gran experiencia en el campo petrolero.

Por lo que dentro de este campo se han desarrollado una serie de tecnologías y patentes que cumplen perfectamente las funciones de éstos equipos, tales como Porta-Test, Wright-Austin Co, Blaw-Knox Co, National Tank Co, Peerless Manufacturing Co, Facet Enterprises Inc, V.D. Anderson Co, Centrifix Corporation y otros que se basan no solo en los fundamentos de diseño ya descritos, sino que también incluye el código ASME (American Society Mechanical Engineering), OMPEC (Oil Metering Procesing Equipment Corporation), estándares y normas para la selección de tiempos de residencia y niveles.

Para mayor comprensión, se hace a continuación una descripción de un separador patentado, el cual está constituido por las siguientes secciones:

1. *Sección de separación primaria.* En esta sección se separa la mayor porción de líquido de la corriente de gas, y se reduce la turbulencia del flujo. La separación de líquido de esta sección se realiza mediante un cambio de dirección de flujo, este cambio se puede efectuar mediante una entrada tangencial del fluido al separador, o bien instalando una placa desviadora a la entrada. El cambio brusco de dirección y la fuerza centrífuga resultante del flujo circular, separan eficientemente el líquido que ahora fluye hacia abajo por las paredes del cuerpo.
2. *Sección de separación secundaria.* En esta sección se separa la máxima cantidad de gotas de líquido de la corriente de gas. Las gotas se separan principalmente por gravedad, por lo que la turbulencia del flujo debe ser mínima. Para esto, el separador debe tener suficiente longitud. En algunos diseños se utilizan veletas o aspas alineadas para reducir aún más la turbulencia, sirviendo al mismo tiempo como superficies colectoras de gotas de líquido.
3. *Sección de extracción de niebla.* Está colocada en la parte superior del separador y tiene por objeto poner en contacto las gotas más pequeñas del líquido que aún arrastra el gas con una superficie metálica, donde, por medio de cambios constantes de dirección de la corriente, éstas gotas se unen a otras, hasta que adquieren suficiente peso para caer hasta la zona de almacenamiento de líquido. Esta parte se constituye principalmente de aspas, demisters, o tubos ciclónicos.

Cuando se ha acumulado suficiente líquido en la parte inferior del separador, su nivel llega al flotador del control de nivel, el cual opera la válvula automática que permite la salida del fluido pesado del separador, mientras que el gas seco siempre fluye hacia la parte superior. Los fabricantes de estos equipos patentados los construyen en dos formas fundamentales, horizontal y vertical, con internos e instrumentación incluida. Comúnmente estos equipos separan un gas, de una o dos fases líquidas (aceite-agua) y en algunas ocasiones lodo o arena que son los fluidos comunes en los pozos petroleros que están en producción por inyección de gas.

Cada uno de estos dos tipos de recipientes tiene sus ventajas y aplicaciones específicas que se pueden generalizar como sigue:

Recipientes separadores horizontales patentados

1. Son los más económicos cuando se pretende manejar grandes volúmenes de líquido con relativamente poco gas.
2. No son recomendables cuando el gas contiene lodo o arena, ya que la limpieza se dificulta por su forma y construcción interna.
3. Se pueden montar fácilmente sobre patines lo cual simplifica su transporte y erección.
4. La inspección y reparación de los dispositivos de seguridad montados sobre el separador se puede hacer por lo general desde el piso.
5. En climas fríos, el gas fluyendo sobre la extensa área de interfase gas-líquido mantiene caliente al líquido, a una temperatura por lo general arriba de la del hidrato.
6. Debido también a la gran área de interfase que tienen estos separadores, hay más posibilidades de éxito al manejar crudos espumantes que con otro tipo de separadores.

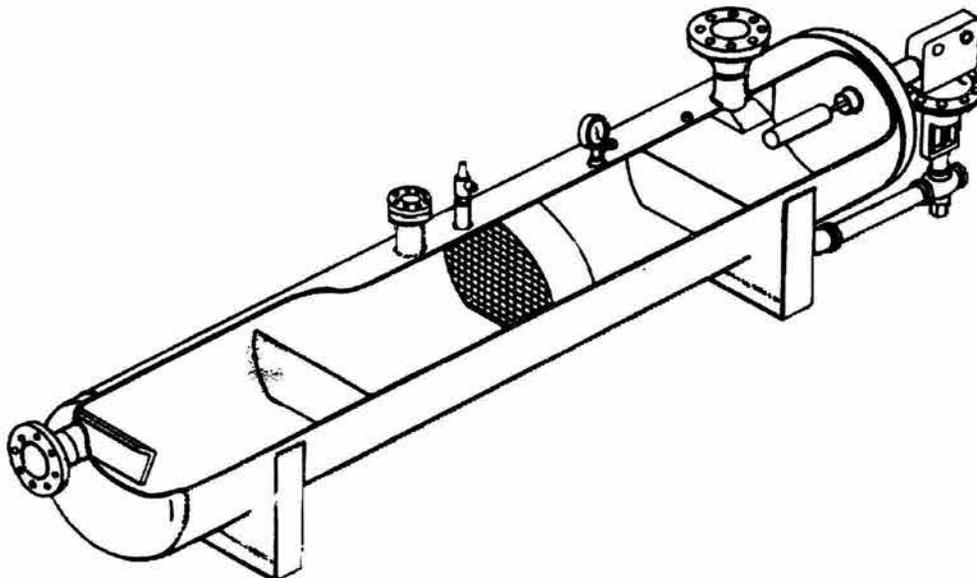


Figura 8.5 Recipiente separador horizontal vapor-líquido patentado.

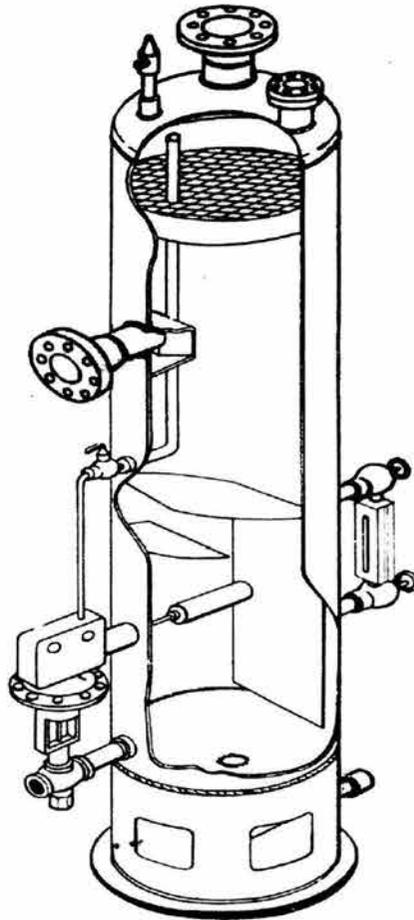
Recipientes separadores verticales patentado

1. Pueden manejar más líquidos por unidad de gas que los horizontales.
2. Su gran capacidad para almacenar líquidos, hace que su aplicación sea mandatoria en los casos en que se presentan oleadas de líquidos momentáneas, como sucede en los pozos que están en producción por inyección de gas.
3. Debido precisamente a su forma vertical, este tipo de separadores tiene ventajas definitivas cuando la corriente del pozo tiene cantidades considerables de lodo o arena, ya que el drenaje colocado en la parte inferior permite que la operación de, limpieza sea muy simple.
4. La forma vertical facilita el montaje de una batería de ellos cuando el espacio es limitado, pero a la vez hace difícil su erección.
5. No se prestan para ser montados sobre patines.

Las aplicaciones típicas de los recipientes separadores patentados vapor-líquido son:

1. Tanques de balance
2. Tanques de reflujó. (o acumuladores)
3. Decantadores o asentadores.
4. Separador de vapor.
5. Separador de gotas.
6. Secadores.
7. Tanques amortiguadores.
8. Tanques receptores.
9. Tanques de purga.

Figura 8.6 Recipiente separador vertical vapor-líquido patentado.



RECIPIENTES SEPARADORES VERTICALES VAPOR-LÍQUIDO

8.1 Criterios de diseño.

Cuando se necesita un método rápido para calcular el tamaño de un separador vapor-líquido en posición vertical, usaremos una serie de nomogramas obteniéndose un tiempo corto en el diseño, los cálculos son hechos por ensayo y error a través de una serie de nomogramas.

Los separadores verticales se deben usar cuando hay pequeñas cargas de líquido, el espacio del terreno es limitado, o cuando se requiere controlar el nivel fácilmente.

Estos separadores se pueden fabricar con o sin mallas, dependiendo de la velocidad que lleve el vapor, ya que si la velocidad es alta, el vapor arrastrará grandes cantidades del líquido, por lo cual se hace necesario colocar mallas separadoras.

Estos separadores son usados principalmente para desalojar el vapor de una corriente de líquido cuando el volumen del primero es grande comparado con el segundo. La separación es lograda por la proporción de un medio ambiente (en el recipiente), en el cual las gotas del líquido son directamente separadas por la fuerza de gravedad, además por la propia fuerza del flujo del vapor.

Un separador vertical vapor-líquido provee un espacio para separar el líquido que es arrastrado por el vapor. El arrastre ocurre siempre que el vapor sea generado en la corriente de líquido, cuando esto ocurre, el vapor es arrastrado llevando en cantidades variables y tamaños diferentes de gotitas de líquido.

Los métodos comunes para disminuir el arrastre de líquidos en tanques son:

1. Reducción de la velocidad de la corriente de vapor, esto hace posible que las gotas de líquidos sedimenten por la acción de la gravedad.
2. Las gotas arrastradas en la corriente del vapor son retenidas por la superficie de una malla, hasta que las gotas se hacen cada vez más grandes y son separadas por la fuerza de gravedad.

8.2 Método de dimensionamiento gráfico para recipientes separadores verticales vapor-líquido

Datos de proceso

Para una presión y temperatura del tanque de proceso, se requieren los siguientes datos:

1. Flujo volumétrico del vapor, en ft^3 / seg .
2. Densidad del vapor, en lb / ft^3
3. Flujo volumétrico del líquido, en ft^3 / seg .
4. Densidad del líquido, en lb / ft^3

Cálculo de la composición de líquido y vapor.

$$W_L = Q_L * \rho_L [=] (\text{lb/seg}) \dots\dots\dots 8.1$$

$$W_V = Q_V * \rho_V [=] (\text{lb/seg}) \dots\dots\dots 8.2$$

Dónde:

W_L = Flujo másico de líquido en (lb/seg)

W_V = Flujo másico de vapor en (lb/seg)

$$W_T = W_L + W_V \dots\dots\dots 8.3$$

$$X_{wL} = \frac{W_L}{W_T} \dots\dots\dots 8.4$$

$$X_{wV} = \frac{W_V}{W_T} \dots\dots\dots 8.5$$

Dónde:

X_{wL} = Composición del líquido

X_{wV} = Composición del vapor

Si $X_{wV} > x_{wL}$; El recipiente se diseñará y construirá en posición vertical, pero si sucede lo contrario el separador será horizontal.

A. Cálculo de los gastos volumétricos del líquido y vapor:

$$Q_L = \frac{W_L}{\rho_L} [=] \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \dots\dots\dots 8.6$$

$$Q_V = \frac{W_V}{\rho_V} [=] \frac{\text{ft}^3}{\text{min}} \dots\dots\dots 8.7$$

B. Cálculo del diámetro y del tiempo:

La velocidad del vapor determina el diámetro mínimo del tanque, la cuál es diferente para cada método de reducción del líquido arrastrado.

Friend, Lemieux y Schreiner desarrollaron el siguiente método para calcular la velocidad del vapor en función de un nuevo término R_d , el cuál se define como la relación entre la velocidad del vapor en el área del tanque y una velocidad base de:

$$V = 0.227 * \left[\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.8$$

$$Rd = \frac{\frac{Q_V}{\frac{\pi * D^2}{4}}}{0.227 * \left[\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right]^{1/2}} = \frac{Q_V * \left[\frac{\rho_V}{\rho_L - \rho_V} \right]^{1/2}}{0.227 * \left[\frac{\pi * D^2}{4} \right]} \dots\dots\dots 8.9$$

Sabiendo que:

$$\text{Volumen de carga} = Q_V * \left[\frac{\rho_V}{\rho_L - \rho_V} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.10$$

$$\text{Por lo tanto: } Rd = \frac{\text{Volumen de carga}}{0.227 * \left[\frac{\pi * D^2}{4} \right]} \dots\dots\dots 8.11$$

$$D = \left[\frac{\text{Volumen de carga}}{0.227 * 0.785 * Rd} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.12$$

Comúnmente los fabricantes eliminan los valores de Rd y recomiendan valores para K donde: $K = 0.277 * Rd$ y dan un factor de seguridad para la velocidad máxima permitida para obtener el diámetro del recipiente.

La fricción (o arrastre) ejercida por las partículas del líquido debido al movimiento relativo entre éste y el vapor circundante, es determinada por la ecuación siguiente:

$$F_d = \frac{(C_d * A_p * \rho_V * V^2)}{2} \dots\dots\dots 8.13$$

Donde: C_d = Coeficiente de arrastre

A_p = Área proyectada por las partículas del líquido

ρ_V = Densidad del vapor

V = Velocidad relativa entre el líquido y el vapor circundante

La aceleración de la gravedad a la cual caen las partículas líquidas, hasta que esta fuerza sea compensada por la fuerza de arrastre, por lo tanto, las partículas líquidas caen a velocidad constante, y esta velocidad se llama velocidad terminal, cuando las partículas líquidas son esféricas, la velocidad terminal es dada por:

$$V_t = \left[\frac{4 * g * D_p * (\rho_L - \rho_V)}{3 * \rho_V * C_d} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.14$$

Donde : D_p = Diámetro de la partícula

ρ_L = Densidad de las partículas líquidas

ρ_V = Densidad del vapor

Cuando el número de Reynolds es menor a 1, y el tamaño de las partículas cae entre 3 y 100 μm ($N_{Re} < 1$ y $3 < D_p < 100 \mu\text{m}$), tenemos flujo laminar y estaremos en la región de la ley de Stokes, la velocidad terminal es dada por:

$$V_t = g * D_p^2 * \frac{(\rho_L - \rho_V)}{18 * \mu_V} \dots\dots\dots 8.15$$

Donde : μ_V = Viscosidad del vapor

Souders y Brown proponen la siguiente expresión:

$$V_s = K * \left[\frac{(\rho_L - \rho_V)}{\rho_V} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.16$$

Donde : V_s = Velocidad superficial del vapor

K = Es una constante basada en la tensión superficial, tamaño de la gota y características físicas del sistema que afectan el arrastre.

Esta velocidad deducida empíricamente fue obtenida para minimizar el arrastre. La similitud entre la ecuación (8.13) y (8.14) es evidente cuando la ecuación (8.14) se expresa como:

$$V_t = V_m = K * \left[\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 8.17$$

Donde : $K = 0.35$ para separadores con malla

$K = 0.20$ para separadores sin malla

$K = 0.227 * R_d$

$$V_D = 0.75 * V_m \dots\dots\dots 8.18$$

$$D_D = \left(\frac{Q_V}{0.785 * V_D} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 8.19$$

Donde :

Q_V = Flujo del vapor, en (ft^3/seg)

Q_L = Flujo del líquido, en (ft^3/seg)

ρ_V = Densidad del vapor, en (lb/ft^3)

ρ_L = Densidad del líquido, en (lb/ft^3)

D = Diámetro interno del tanque, en (ft)

V_m = Velocidad máxima permitida, en (ft/seg)

D_D = Diámetro de diseño del tanque, en (ft)

Los valores de R_d se establecen tomando como base una operación satisfactoria de los tanques separadores y únicamente se pueden medir en términos del líquido arrastrado. *A.H. Younger* hizo una serie de experimentos para determinar los valores para R_d , obteniéndose los siguientes resultados para tanques verticales sin malla.

	R_d	K
Tanque de Separación Vapor-Líquido	0.44	0.1
Knock-Out Drum	0.88	0.2

Recuerde que un tanque de separación (depósito donde se genera el arrastre) debe tener un valor de R_d menor que un Knock-Out Drum (depósito donde posteriormente se reduce el arrastre residual de una fuente externa).

Los fabricantes de mallas recomiendan un $R_d = 1.54$; $K = 0.35$, para todas las aplicaciones normales de proceso. Ellos reportan excelente operación desde un 30% ($R_d = 0.46$) hasta un 110% ($R_d = 1.69$) de sus velocidades recomendadas. Con objeto de dejar espacio para las ondas de presión, sugieren un $R_d = 1.15$ (75% de la velocidad recomendada).

G.D. Kerns, usa un valor de $R_d = 1.30$ para tanques con mallas convencionales; además usa un valor de $R_d = 1.24$ para tanques con mallas de alta capacidad y un valor de $R_d = 0.50$ como máximo para tanques sin malla.

C. El nomograma, Figura 8.7, se utiliza para el cálculo del diámetro mínimo del separador, de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Entre al nomograma con la densidad del vapor (ρ_V), (ubicada en la parte izquierda de la Figura 8.7).
2. Conecte la densidad del vapor (ρ_V) con la densidad del líquido (ρ_L), marcando la intersección con la línea de la raíz cuadrada de la relación de densidades.
3. Transfiera el valor de la raíz cuadrada a la derecha.
4. Dibuje una línea del punto anterior a la línea de flujo de vapor, marcando la intercepción con el volumen de carga del vapor en el tanque.
5. Usando un valor de diseño de R_d , dibuje una línea desde éste valor hasta la intersección con la carga del vapor del tanque (V_{load}), extendiendo la línea hasta cortar la línea del diámetro; y este es el diámetro requerido del tanque. El diámetro obtenido con este nomograma, Figura 8.7, es el diámetro mínimo.

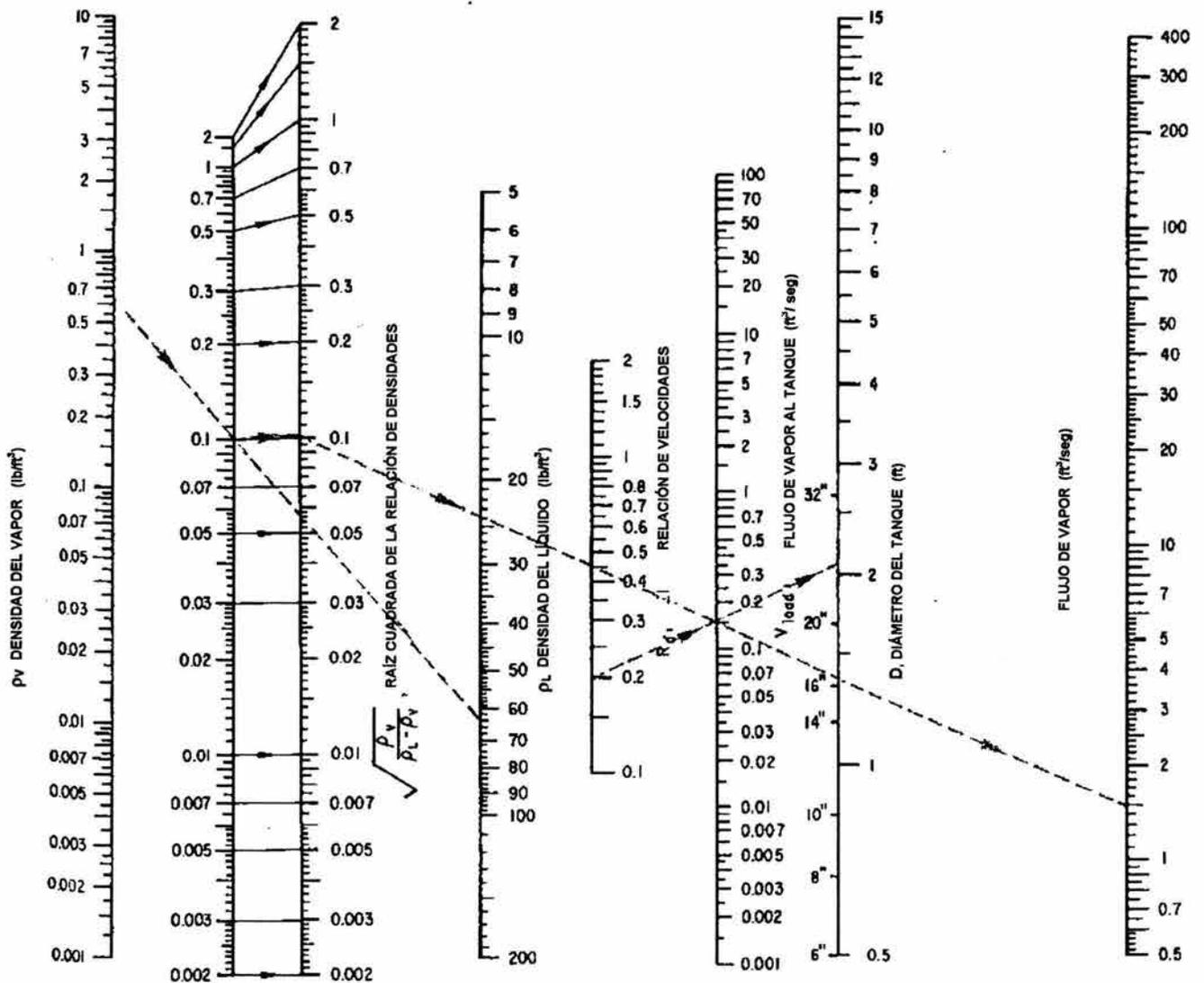


Figura 8.7 Nomograma para encontrar el diámetro del tanque.

8.3 Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores verticales vapor-líquido

Enunciado

Un separador vapor-líquido es calculado para un flujo de vapor de $1.5 \text{ ft}^3/\text{seg}$, la densidad del vapor es 0.65 lb/ft^3 , la densidad del líquido es 63.00 lb/ft^3 , use un R_d de 0.2 para este servicio. ¿Qué diámetro de separador es requerido?

Resolución

La Figura 8.7 ilustra la resolución de este problema; de acuerdo a la metodología antes descrita, un recipiente de 2.5 ft de diámetro es requerido.

D. Cálculo para la altura de separación

Al dar una altura de separación suficiente, está implícita la selección del Rd. Para tanques sin malla, A.H. Younger, recomienda 3.0 ft ó más para el espacio del vapor, además de 1.0 ft hasta el nivel máximo del líquido, el dice que a las bajas velocidades que comúnmente prevalecen en un espacio mayor de 3.0 ft, no da una reducción notoria del arrastre. Lo recomendable es usar una combinación de los siguientes criterios:

- Criterio de Younger: Usar 3.0 ft y 1.0 ft.
- Criterio de la Schuyler Manufacturing Corporation, usar una altura de separación de 0.75 veces el diámetro interno del tanque.
- Criterio de Niemyer: usar 6.0 in como mínimo arriba y debajo de la boquilla de entrada.

La Figura 8.8 muestra que el espacio de separación requerido para un separador con malla es igual que para un separador sin malla, esto se debe a que la velocidad del vapor es mayor en un separador con malla. Nótese que el espacio extra encima de la malla no es necesario, ya que en ese espacio no se efectúa una separación adicional.

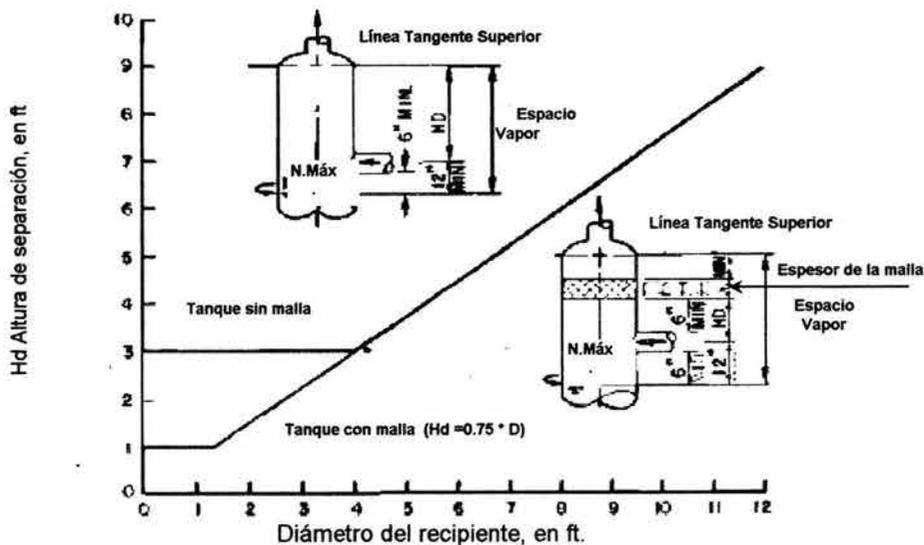


Figura. 8.8 Altura de separación recomendada.

E. Tiempo de residencia

El tiempo de residencia del líquido se define como el tiempo requerido para vaciar el líquido del tanque a la velocidad de diseño. Normalmente se toma como base la distancia que existe entre el nivel máximo del líquido y la línea tangencial del fondo. El tiempo adicional que se encuentra abajo del nivel mínimo nos sirve como un ligero factor de seguridad. Un rango de trabajo conveniente para la mayoría de los diseños es de 2 a 5 minutos, se debe usar un tiempo mayor para un líquido que se

alimenta en una torre que para un líquido que va a almacenamiento. La altura requerida para el tiempo de residencia se puede calcular con el nomograma, Figura 8.9.

La longitud del tanque requerida para un tiempo de residencia dado es seleccionado de la Figura 8.9, como sigue:

1. Entre al nomograma, Figura 8.9 del lado izquierdo, con el flujo volumétrico del líquido en las unidades indicadas.
2. Muévase horizontalmente a la línea índice de flujo (si sus unidades están en galones por minuto, omita esta etapa).
3. Dibuje una línea desde la línea del índice de flujo a la del diámetro del tanque y marque la intersección de la línea índice.
4. Usando el tiempo de residencia seleccionado, dibuje una línea desde éste al punto de intersección con la línea índice. Prolongue la línea hasta que se corte con la línea de longitud del separador y ésta será la longitud deseada del tanque separador vapor-líquido.

F. Las dimensiones finales del separador

Para la determinación del tamaño final del recipiente, la longitud del tanque será la suma de las longitudes obtenidas para el espacio vapor, más 3.0 ft y 1.0 ft (Figura 8.8), y el tiempo de residencia del líquido (figura 8.9). El diámetro final será el obtenido de la Figura 8.7. Finalmente, el valor de la relación L/D económica deberá quedar entre un valor de $3 \leq L/D \leq 5$.

Ejemplo de cálculo gráfico para los recipientes separadores verticales vapor-líquido

Enunciado

El recipiente del ejemplo tiene 2 minutos de tiempo de residencia, el flujo es de 20 galones por minuto, a un mínimo de altura de líquido de 2.0 ft. ¿Qué longitud se requiere?

Resolución

La solución involucra la determinación del diámetro y longitud del recipiente, la longitud del recipiente es la suma del espacio vapor (Figura 8.8) y la longitud para el tiempo de residencia del líquido (Figura 8.9). Cuando todos estos valores son conocidos, el tamaño del recipiente está completo.

Diámetro	= 2.5 ft (Figura 8.7)
Espacio vapor	= 12 in ; más 3.0 ft
Altura para el líquido	= 2 ft
Longitud total	= 6 ft
L / D	= $\frac{6.0ft}{2.5ft} = 2.4$

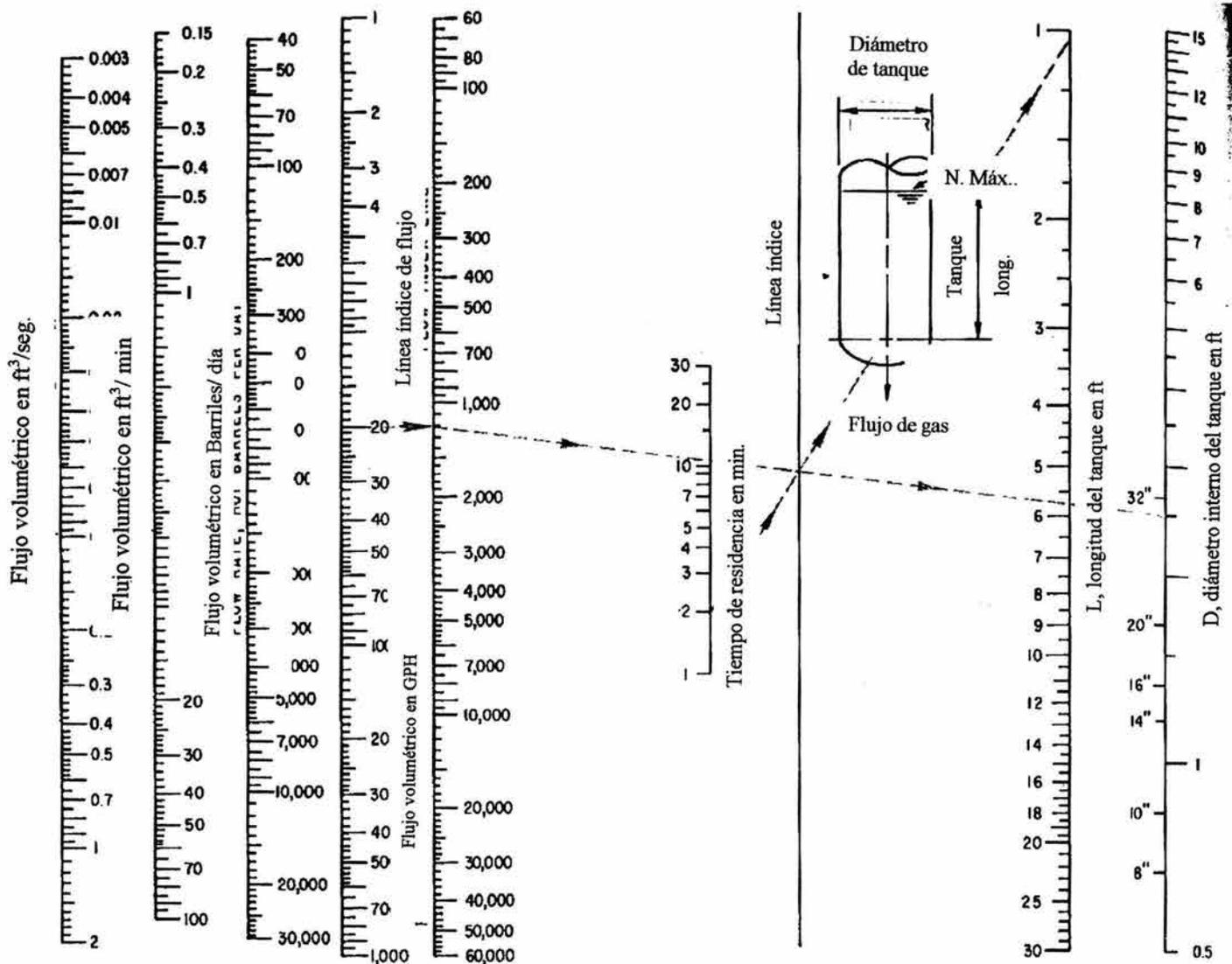
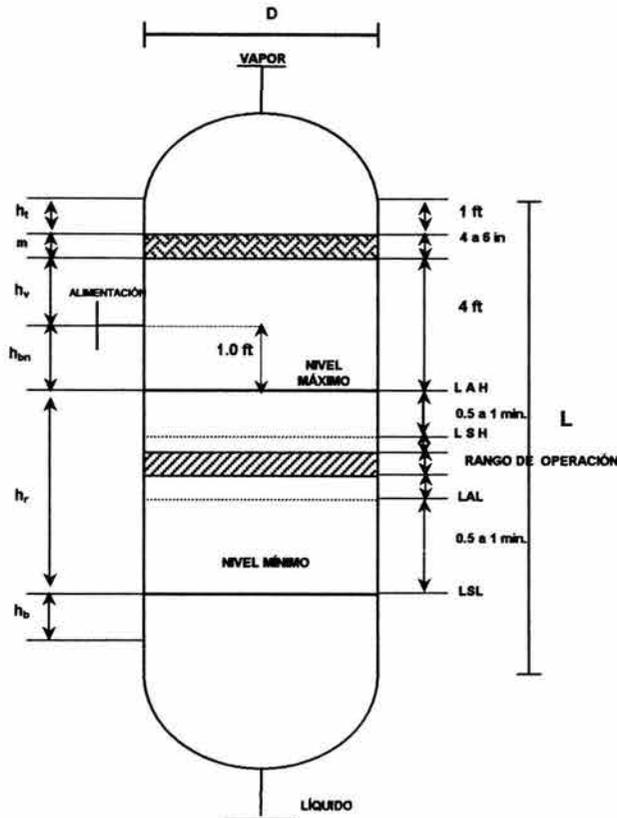


Figura 8.9 Nomograma para encontrar la longitud del tanque separador, para un tiempo de residencia dado.

G. Cálculo de niveles en recipientes separadores verticales vapor-líquido

El volumen requerido para proporcionar un determinado tiempo de residencia entre el nivel máximo y mínimo, se logra en un tanque separador de 2.0 ft de altura entre tangente y tangente, excepto para tanques separadores de arrastre, en los cuales, esta altura puede reducirse a un mínimo de 1.0 ft, pero para esto se requiere un control efectivo del instrumento de nivel.



$$h_t = 1.0 \text{ ft}$$

$$m = 4.0 \text{ a } 6.0 \text{ in}$$

$$h_v = 0.2 \cdot D + 3 + \Phi / 2 [=] \text{ ft } \text{ ó } 4.0 \text{ ft mínimo}$$

$$h_{bn} = 0.2 \cdot D + 0.5 + \Phi / 2 [=] \text{ ft } \text{ ó } 1.0 \text{ ft}$$

$$h_r = (Q_L \cdot \theta_r) / A [=] \text{ ft}$$

$$h_b = 6 \text{ in}$$

A = Área calculada con el diámetro D, calculado para el tanque.

Φ = Diámetro de la boquilla de alimentación, en ft.

θ_r = Tiempo de residencia entre el nivel máximo y el nivel mínimo, en minutos.

En forma general, también se pueden establecer los siguientes criterios de manera empírica, para fijar los niveles en un recipiente separador vertical vapor-líquido.

- El nivel normal se considera al 60% entre el nivel máximo y el nivel mínimo.
- En el caso de instalación de alarma por alto nivel, este se fijará al 80% entre el nivel mínimo y el nivel máximo.
- En el caso de instalación de alarma por bajo nivel, ésta se fija al 25% entre el nivel mínimo y el nivel máximo.
- Para los tanques Knock-Out Drum de succión de compresores, sin separación teórica de líquido, se considera el nivel de alarma por alto nivel a 24" de la línea de tangencia inferior y el nivel de paro a 12" del nivel de alarma.

- E. La diferencia entre los niveles máximo y mínimo de líquido, no debe ser menor de 15" para proporcionar un buen rango de operación del instrumento de nivel.

NOTA: El uso de la malla separadora en un recipiente horizontal, se justifica sólo para lograr una mayor eficiencia en la eliminación del líquido, puesto que la malla no reduce el espacio vapor.

RECIPIENTES SEPARADORES HORIZONTALES VAPOR-LÍQUIDO

8.4 Criterios de diseño.

Cuando se requiere determinar el diámetro y longitud de un tanque separador horizontal vapor-líquido rápidamente, se usa una serie de nomogramas, obteniéndose un tiempo corto en el diseño, los cálculos son hechos por ensayo y error, implicando un fácil manejo de éstas gráficas.

Los separadores horizontales se usan para proveer un tiempo de residencia adecuado para grandes cargas de líquido y una altura de separación requerida, reduciendo la velocidad del vapor debido a la gran área de flujo en el tanque. A estos separadores se les asignan dos funciones principales, que son:

1. Separar las gotitas del líquido arrastrado por el flujo de vapor.
2. Proveer un tiempo de residencia alto para grandes cantidades de líquido.

El dimensionamiento de estos tanques para las condiciones de proceso involucra:

1. Suponer un tamaño (fijado por el tiempo de residencia).
2. Checar la disminución del arrastre. Las velocidades de asentamiento de las gotitas son determinantes en esta parte, este chequeo confirmará el primer tamaño supuesto o establecerá una nueva iteración.
3. Ajustar el diseño para satisfacer un balance económico.

8.5 Método de cálculo gráfico para recipientes separadores horizontales vapor-líquido.

Datos de proceso

Para una presión y temperatura del separador vapor-líquido, se requieren los siguientes datos de proceso:

1. Flujo volumétrico del vapor, en ft^3 / seg .
2. Densidad del vapor, en lb / ft^3 .
3. Flujo volumétrico del líquido, en ft^3 / seg .
4. Densidad del líquido, en lb / ft^3 .

Cuando se desea un diseño más preciso, se deben tomar en cuenta, además, los siguientes datos:

5. Viscosidad del vapor, en CP.
6. El tamaño de las gotitas, en micrones.

Como se puede ver, no existe gran diferencia entre los datos de proceso requeridos para el cálculo de separadores verticales, con aquellos requeridos en el cálculo de los separadores horizontales.

A. Tiempo de residencia (Tr)

El tiempo de residencia del líquido se proporciona para tener la planta en trabajo continuo. Es el intervalo de tiempo entre el momento en que se cierra la alimentación y el momento en que queda totalmente vacío.

$$Tr = \frac{\text{Volumen almacenado}}{\text{Velocidad de descarga del fluido}} \dots\dots\dots 8.20$$

Es común en la práctica no tomar en cuenta el volumen que se encuentra en las tapas, usándolo como un ligero factor de seguridad.

Younger recomienda de 5 a 10 minutos como tiempo de residencia, tomándose como nivel máximo la mitad del tanque, G.L. Kerns y E.R. Niemyer, recomiendan un tiempo de residencia de 7.5 minutos, tomando como nivel máximo del líquido la mitad del tanque.

S.H. Friedman y J.W. Murtha, usan tiempos de residencia más grandes, de 4 a 6 minutos en tanques de reflujo y 10 minutos en tanques de producto, y de 16 a 20 minutos en condensadores de vapor total. Para establecer el nivel máximo en el tanque de reflujo, use la mitad de este tiempo para localizar el nivel normal de líquido o también asigne de 8 a 12 in para el nivel mínimo de líquido y 6 in para el espacio del vapor.

De 2 a 5 minutos son usados para el tiempo de residencia entre el nivel máximo y mínimo en separadores verticales, este rango de trabajo podría igualmente usarse en servicios similares para tanques horizontales.

B. Cálculo iterativo del diámetro del tanque

Se selecciona un tanque horizontal cuando se involucran grandes cantidades de líquido, por consiguiente, el tiempo de residencia probablemente determinará el diámetro del tanque. Los pasos para el cálculo iterativo del diámetro y longitud son los siguientes:

La Figura 8.11 es un nomograma basado en la ecuación 8.20, esta es usada para fijar por ensayo el diámetro, usando como datos, el tiempo de residencia y el flujo volumétrico del líquido. Para usar el nomograma, Figura 8.11, siga este procedimiento:

1. Entre al nomograma, Figura 8.11, con el tiempo de residencia en minutos (ubicado en la parte izquierda)
2. Conecte el tiempo de residencia con el espacio para el líquido, basándose en un ensayo del 86% del llenado del tanque (excepto si el nivel mínimo del tanque es diferente al nivel del fondo del tanque), marque la intersección con la línea índice A.
3. Re-entre al nomograma, Figura 8.11, con el flujo volumétrico (ubicado en el lado derecho), no necesita convertir unidades, use las unidades de acuerdo con las indicadas en el nomograma.
4. Muévase horizontalmente con la línea índice de flujo (si sus unidades son galones por hora, omita esta etapa).
5. Dibuje una línea desde la línea índice de flujo, a la intersección de la línea índice A y marque donde ésta línea corta a la línea índice B.
6. Usando una relación económica L/D, trace una línea desde esta relación, a la intersección de la línea índice B, extienda la línea trazada hasta cortar la escala del diámetro.
7. Ajuste el diámetro para adaptarlo a un tamaño de tapa comercial (aún para incrementos de 6 in, excepto para 2 ft, 8 in), una línea dibujada desde este diámetro ajustado a través de la marca de la línea índice B, el nomograma nos dirá la longitud del tanque correspondiente a este nuevo diámetro.

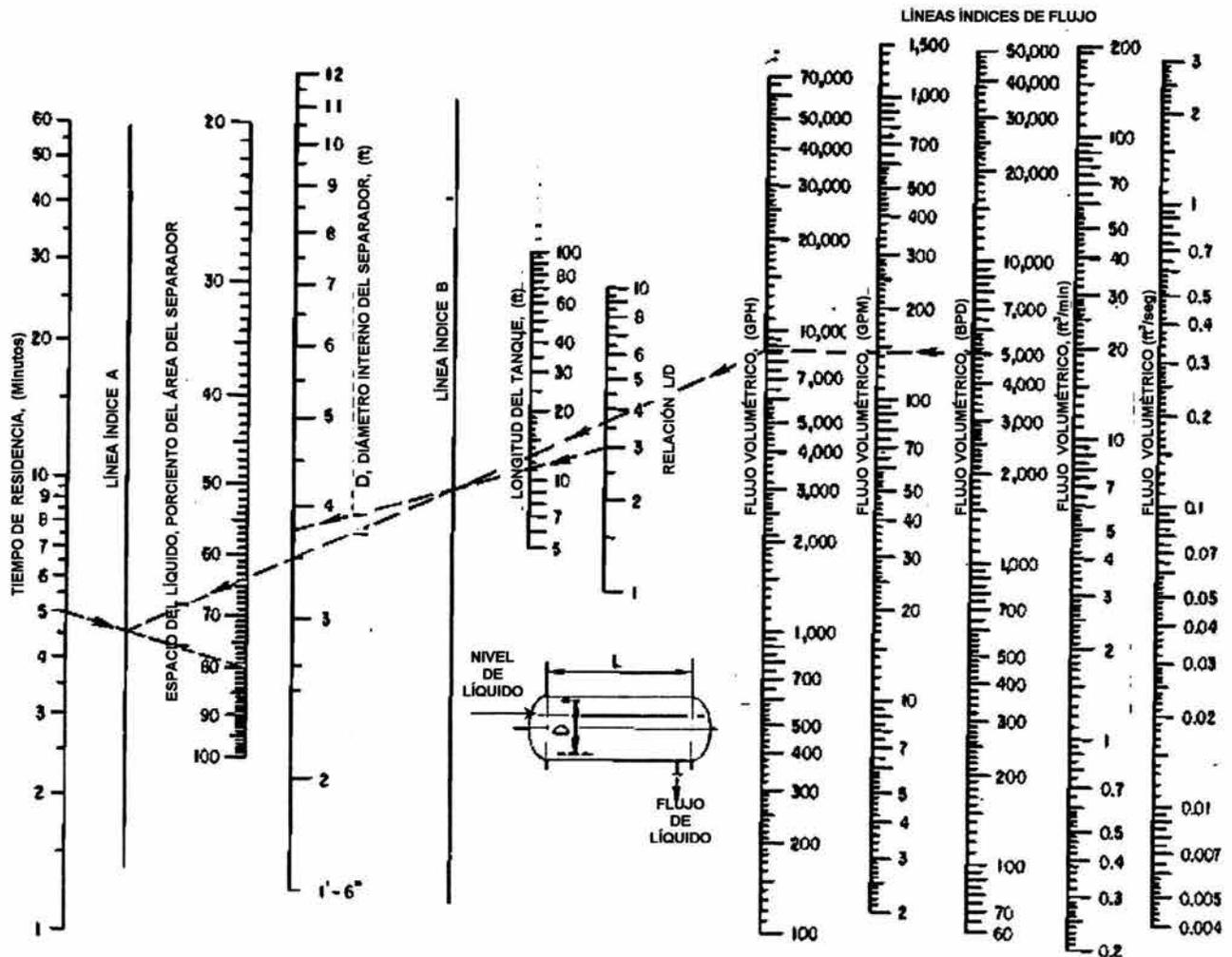


Figura 8.11 Nomograma para determinar el diámetro del tanque en función del tiempo de residencia

8.6 Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido

Enunciado

Un separador horizontal líquido-vapor, tiene un flujo de salida de líquido de 5000 barriles por día, 5 minutos de tiempo de residencia es adecuado para el servicio del tanque, un nivel mínimo del líquido de 6" es requerido, un balance económico preliminar indica que una relación L/D de 3 es mejor. ¿Cuál es el diámetro del tanque adecuado?

Resolución

Se estima que 6.0 in de nivel mínimo, reducirán el espacio en un 6%.

- El resultado de la primera iteración indicado en la figura 8.11, es de 4.0 ft de diámetro interno.
- El diámetro encontrado en la primera iteración debe ser corregido para adaptar la localización de los niveles de líquido. El camino fácil para evaluar el espacio perdido es con el uso de la figura 8.12.
- La Figura 8.12, es un nomograma que está basado en el área del segmento de un círculo, esto convierte las relaciones altura-diámetro directamente a porcentajes de área.

Ajuste el diámetro para adaptarlo a un tamaño de tapa comercial (aún para incrementos de 6.0 in, excepto para 2.0 ft, 8.0 in). Una línea dibujada desde este diámetro ajustado a través de la marca en la línea índice B, en el nomograma nos dará la longitud del tanque correspondiente a este nuevo diámetro. El diámetro encontrado en la primera iteración debe ser corregido para ajustar los niveles de líquido.

El camino fácil para evaluar el espacio perdido, es mediante el uso de la Figura 8.12, la cual es un nomograma que se basa en el área del segmento de un círculo. A partir del valor de una flecha y diámetro, este nomograma convierte directamente a porcentajes de área. Para usar este nomograma, siga este procedimiento:

1. Comience en el nomograma con el diámetro obtenido en la Figura 8.11 (Localizado en la parte izquierda del nomograma).
2. Alinee primeramente el diámetro interno con la flecha del espacio vapor y entonces con el aumento del nivel mínimo del líquido (cualquiera), lea el área ocupada por este segmento.
3. Resta la suma de este segmento del 100% y esta diferencia es el área disponible para el tiempo de residencia del líquido.

Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido.

Enunciado

Determine las localizaciones para los niveles máximo y mínimo en el tanque del ejemplo anterior. ¿Cuál es el tamaño del tanque que ahora se requiere?

Resolución

Entonces, el primer tamaño ensayado es de 4.0 ft de diámetro interno, un espacio de vapor de 12 in es requerido. El espacio para el nivel mínimo de líquido requerido es de 6 in. De las líneas dibujadas en la Figura 8.12, las áreas respectivas son 19.5% y 7.2%. Esto permite un $100\% - (19.5\% + 7.2\%) = 73.3\%$ del área para el tiempo de residencia del líquido. Rescribiendo en la Figura 8.11, con un 73.3% de espacio para el líquido hasta que indique 4 ft de diámetro. El paso 7 es ahora usado y una longitud de 11 ft es seleccionada.

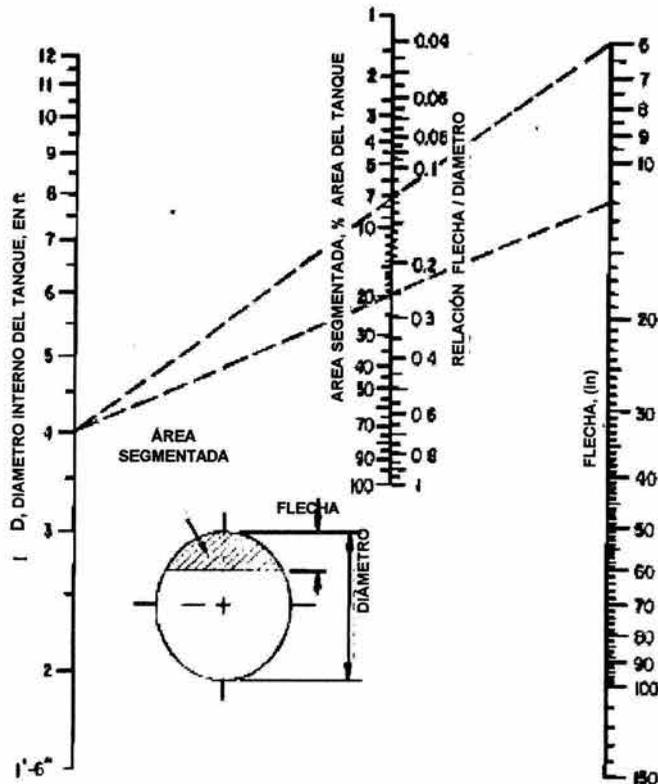


Figura 8.12 Nomograma para determinar el área segmentada disponible para el tiempo de residencia del líquido.

$$\frac{f_a * \left(\frac{\pi}{4} * D^2\right) * L}{Q_V} \geq \frac{\delta}{V_t}$$

Donde f_a : Porcentaje del área del tanque ocupada por el espacio del vapor expresada como un decimal.

D : Diámetro interno del tanque, en ft.

L : Longitud del tanque (distancia horizontal entre la entrada del vapor - líquido y la salida del vapor), en ft.

δ : Espacio de vapor, en ft.

V_t : Velocidad de asentamiento de las gotitas, en ft/seg.

C. Comprobar la disminución de arrastre

La disminución de arrastre tiene lugar en el espacio de vapor, aquí la velocidad de la corriente de vapor se reduce a una velocidad a la cual se puede efectuar el asentamiento de las gotitas por gravedad. Estas gotitas de líquido se asientan en la corriente de vapor cuando el tiempo de residencia del vapor en el recipiente es igual o mayor que el tiempo de caída de las gotitas. Para esta condición:

Por conveniencia, la velocidad de asentamiento se debe convertir a un término de operación satisfactorio R_{dh}, el cual se define como la relación de la velocidad de asentamiento y una velocidad base de:

$$R_{dh} = \frac{V_t}{0.227 * \left[\frac{(\rho_L - \rho_V)}{\rho_V} \right]^{0.5}} = \left[\frac{\text{Volumen de carga}}{0.227 * \frac{\pi}{4} * D^2} \right] * \left[\frac{\partial}{f_a * L} \right] \dots\dots\dots 8.21$$

$$\text{Volumen de carga} = Q_V * \sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L - \rho_V}} \quad \text{CFS (pies cubicos por segundo)}$$

$$K = 0.227 * R_{dh}$$

$$K = \left[\frac{\text{Volumen de carga}}{\frac{\pi}{4} * D^2} \right] * \left[\frac{\partial}{f_a * L} \right]$$

Los valores de R_{dh} para el diseño, son calculados cuando el tamaño de las gotitas a separar y la viscosidad del vapor son conocidos (ver la velocidad de asentamiento de las gotitas), cuando uno o varios valores se desconocen, se debe recurrir a los valores de R_{dh} reportados en la literatura.

Younger reporta para una operación satisfactoria de tanques horizontales tipo Knock-Out Drum, un R_{dh} de 0.167 como satisfactorio. La disminución de arrastre, se checa con la ayuda de la Figura 8.13, que en realidad es un nomograma de la ecuación 8.21

En el nomograma de la Figura 8.13, se calcula el valor de R_{dh}, partiendo de los valores conocidos del espacio vapor, diámetro del tanque y carga del vapor, por medio de las etapas siguientes:

1. Entre a la carta con el espacio del vapor (localizado en el lado izquierdo).
2. Dibuje una línea del espacio del vapor, que vaya al área ocupada por éste espacio (de la Figura 8.13), prolongándose esta línea hasta que corte la línea índice A.
3. Alinee la marca de la línea índice A con el R_{dh} de diseño, marque la intersección con la línea índice B.
4. Dibuje una línea de la marca de la línea índice B, al volumen de carga del tanque (valor obtenido en la Figura 8.11) extendiendo esta línea hasta la línea índice C, marque la intersección.
5. Usando un ensayo para el diámetro, dibuje una línea desde aquí, hasta la intersección o marca con la línea índice C, extienda ésta línea hasta cortar la escala de la longitud, si la longitud es menor o igual a la longitud supuesta, aquí termina.

El tamaño ensayado es el tamaño real, si la longitud calculada es mas grande que la longitud ensayada, seleccione esta nueva longitud, esta nueva longitud puede ser usada y la relación L/D queda fija dentro del rango económico y una nueva longitud debe ser ensayada y un diámetro nuevo encontrado.

Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido

Enunciado

El recipiente del ejemplo anterior (Dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido), tiene un V_{LOAD} = 0.58 (Q_V = 10 ft³/seg y ρ_L = 38.8 lb/ft³, ρ_V = 0.131 lb/ft³), si R_{dh} = 0.167 el diámetro del recipiente ensayado es adecuado para la separación requerida de vapor-líquido.

Resolución

Este ejemplo fue resuelto en la Figura 8.13, el diámetro interno obtenido es de 4 ft por 11 ft de longitud.

D. El tamaño del tanque cuando la carga del vapor controla

En caso de que el diámetro utilizado como primera iteración no cheque con la disminución de arrastre, se hace lo siguiente:

Si aumentamos el espacio del vapor para un tamaño de tanque dado, reducimos el tiempo de residencia, pero también disminuimos el arrastre. De la ecuación 8.21, y de la Figura 8.14, vemos que conforme aumentamos el espacio del vapor (siendo el 76.5% del diámetro del límite máximo), la

función $\frac{\delta}{f_a * D}$ disminuye, por lo que disminuye efectivamente el arrastre.

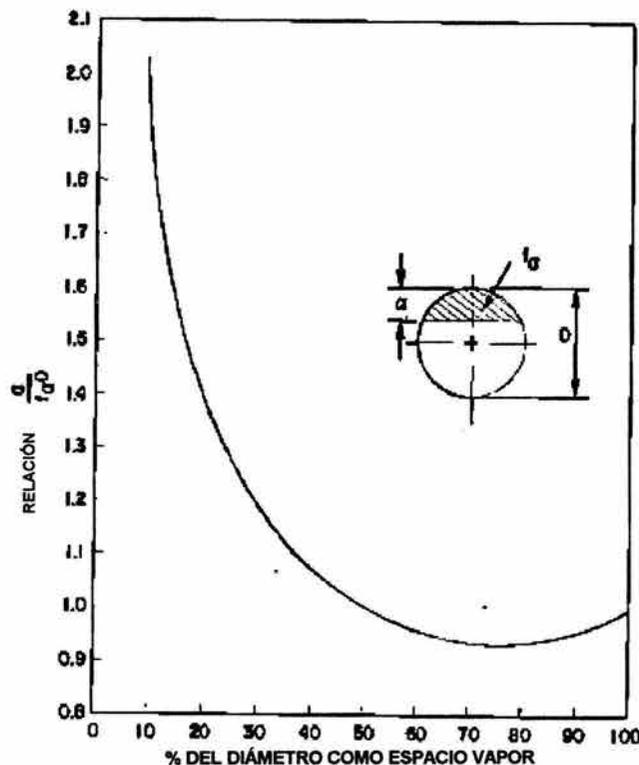


Figura 8.14 Al aumentar el espacio vapor, se disminuye el arrastre

Por lo tanto, cuando la carga de vapor controla el tamaño de un tanque horizontal, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Comience en la marca sobre la línea C de la Figura 8.13 (Paso 4). Dibuje una línea partiendo de la relación L/D económica a través de esta marca, extiéndala hasta la escala del diámetro, esto dará el nuevo diámetro de iteración.

- Ajuste el diámetro a un diámetro comercial de tapa y lleve una línea desde este diámetro ajustado hasta la marca en la línea C y prolonguela hasta la longitud del tanque correspondiente a este nuevo diámetro.
- Usar la Figura 8.12 para obtener el por ciento del espacio del líquido; si el espacio del líquido es menor que 23.5% del área, use 23.5% (o mayor todavía), no use un espacio mayor del 50% del área.
- Use la Figura 8.12 para determinar el área ocupada por el nivel mínimo de líquido (si lo hay).
- Determine el área ocupada por el espacio vapor, ésta es la diferencia que existe entre el 100% y el total del espacio del líquido (Paso 3), más el espacio mínimo del líquido
- Usando nuevamente la Figura 8.12, determine el aumento correspondiente al espacio vapor.
- Usar la Figura 8.13 con el nuevo espacio del vapor y con él por ciento de área.
- Repita este procedimiento si es necesario, hasta que chequen todas las dimensiones ($3 \leq L/D \leq 5$).

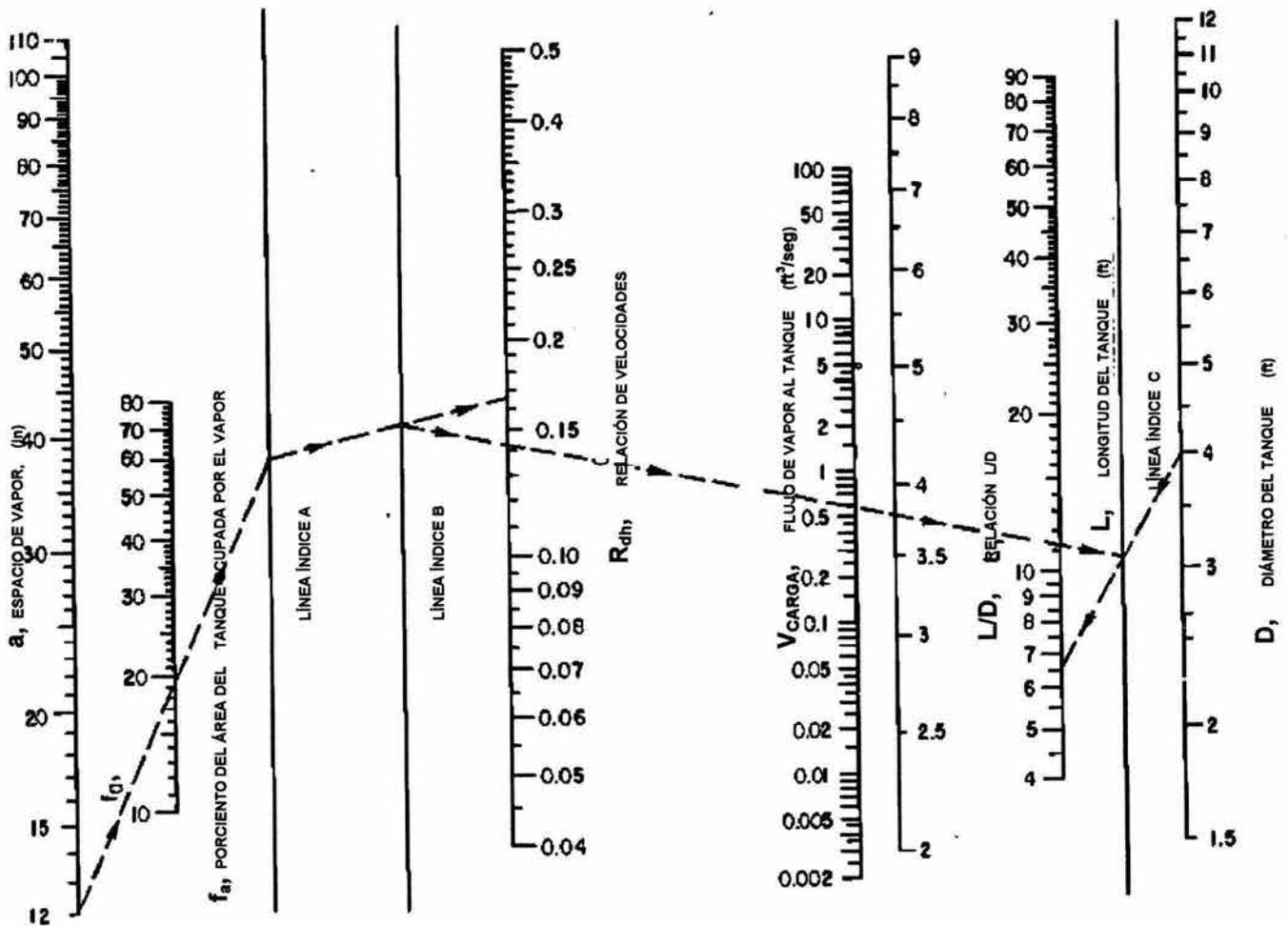


Figura 8.13 Nomograma para encontrar el tamaño de separadores horizontales con la disminución del arrastre.

E. Velocidad de asentamiento de las gotitas

Para casos en los que se requiere un diseño más completo, el punto de partida para checar la disminución de arrastre, es la velocidad de asentamiento de las gotitas.

Las gotitas en el rango de 3 a 100 micrones (1micrón = 1/25400 in), se asientan bajo la acción de la gravedad a una velocidad dada por la ley de Stokes. La velocidad de asentamiento se encuentra por medio de la siguiente ecuación:

$$V_t = \frac{g_c \cdot D_p^2 \cdot (\rho_L - \rho_V)}{18 \cdot \mu} \dots\dots\dots 8.22$$

Donde :

V_t = Velocidad terminal del libre asentamiento del líquido arrastrado debido a la acción de la gravedad, en $\frac{ft}{seg}$

g_c = Constante gravitacional, en $\frac{ft}{seg^2}$

D_p = Diámetro de las gotas, en ft.

μ : Viscosidad del vapor, en $\frac{lb}{ft \cdot seg}$

La Figura 8.15 es un nomograma para resolver la ecuación 8.22, la viscosidad y el tamaño de las gotas se grafican en sus unidades más comunes. La velocidad terminal se calcula con el nomograma mostrado en la figura 8.15.

La velocidad terminal de libre asentamiento del líquido arrastrado debido a la acción de la gravedad se encuentra de la manera siguiente:

1. Entre al nomograma con la diferencia $(\rho_L - \rho_V)$ (parte izquierda de la Figura 8.15).
2. Dibuje una línea desde la diferencia de densidades a la viscosidad del vapor, marque la intersección con la línea índice A.
3. Use el tamaño más pequeño de gota que vaya a ser removido y trace una línea desde aquí, hasta conectarla con la marca de la línea índice A, señale donde ésta línea corte a la línea índice B.
4. Dibuje una línea desde la escala de la relación $\sqrt{\frac{\rho_V}{\rho_L - \rho_V}}$ (este valor puede ser obtenido de la figura 8.11).

A través de la marca de la línea índice B y el valor de diseño Rdh es supuesto de acuerdo a lo más conveniente.

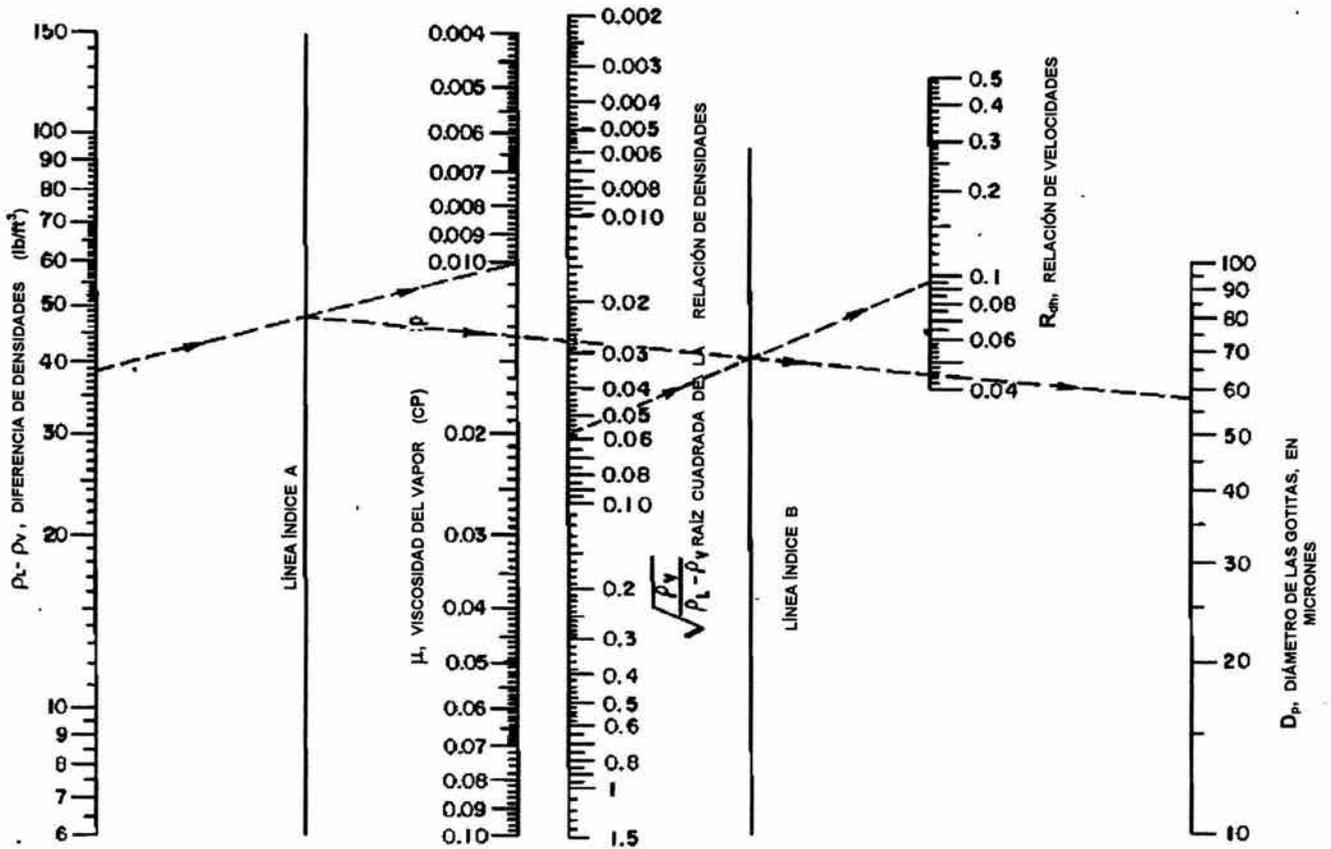


Figura 8.15 Nomograma basado en las ecuaciones de velocidad de asentamiento para encontrar el R_{dh}

F. Calcule los niveles en recipientes separadores horizontales vapor-líquido

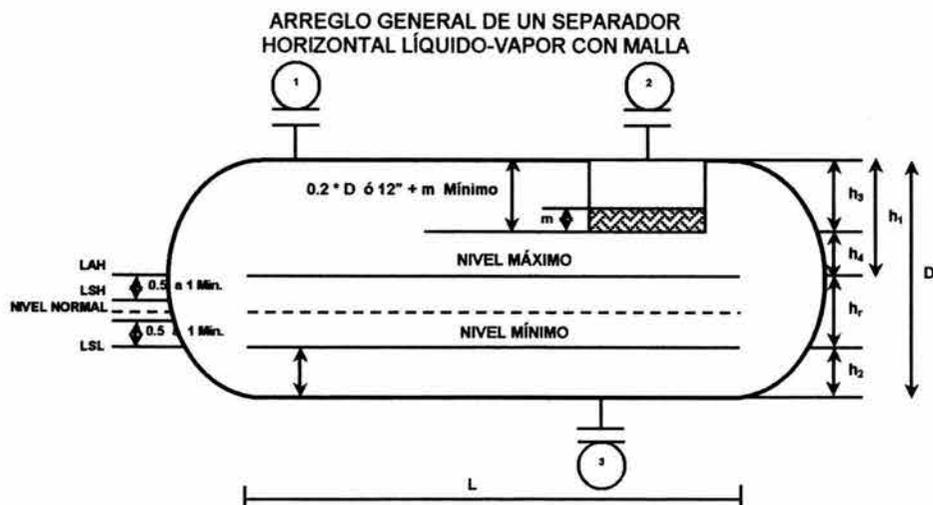


Figura 8.16 Para cálculo de niveles en un recipiente separador

$$h_3 = m + 12''$$

$$h_4 = 24.0 \text{ in mínimo}$$

$$h_1 = h_3 + h_4$$

$$h_2 = 6.0 \text{ in mínimo}$$

$$h_r = \frac{(Q_L * \theta_R)}{A}$$

Donde:

h_r = Altura dada por el tiempo de residencia para el líquido entre el nivel máximo y el nivel mínimo.

θ_R = tiempo de residencia para líquidos en minutos.

A = Área calculada con el diámetro D , calculado para el tanque.

NOTA 1. Para diámetros muy grandes de recipientes (15 ft o más), se requerirá de un espacio mayor para permitir a los vapores entrar y alcanzar un flujo uniforme, en éstos casos considerar, desde el centro de línea de la boquilla de alimentación hasta el nivel de tangencia o hasta el fondo de la malla.

$$0.2 * D + \text{radio de la boquilla} + 3 \text{ ft}$$

NOTA 2. El uso de una malla separadora en un recipiente horizontal, se justifica sólo para lograr una mayor eficiencia en la eliminación del líquido, puesto que la malla no reduce el espacio vapor.

NOTA 3. La Boquilla de Alimentación (1), la de Salida de Vapor (2), y la de Descarga de Líquido (3), se localizan como se muestra en la figura 8.16. Si las boquillas son instaladas en el cuerpo del recipiente, la distancia mínima de la línea de tangencia al centro de la línea e boquilla es:

$$6'' + \frac{db}{2}$$

Donde: db = Diámetro de la boquilla, en in

Para recipientes horizontales, debe especificarse una relación L/D mínima de 3, donde L es la distancia *tangente-tangente* y D el diámetro del tanque.

Puesto que el tiempo de residencia se basa en el líquido almacenado entre el nivel máximo y mínimo del líquido, se deben utilizar reglas arbitrarias para localizar estos niveles.

NOTA 4. Establezca el nivel máximo del líquido de manera que se provea de un espacio vapor mínimo de 12 in, para tanques de 5 ft ó menos de diámetro interno, y un 20% del diámetro para tanques mayores. Aumenta esta disminución si es necesario para obtener la separación vapor-líquido requerida.

NOTA 5 Localice el nivel mínimo basado en las reglas que gobiernan la separación líquido-líquido, cuando existen grandes cantidades de una tercera fase presente. En algunos casos, se usa un servicio especial para mantener la tercera fase fuera del tanque.

CAPITULO 9

RECIPIENTES SEPARADORES VERTICALES VAPOR-LÍQUIDO-LÍQUIDO

Como no es práctico emplear un tanque vertical para separar un vapor y dos líquidos a causa de que generalmente se necesitan internos auxiliares para efectuar una buena separación del líquido. Este equipo extra, frecuentemente, hace que el costo sea mayor que el de un recipiente horizontal; es también frecuente que el recipiente vertical sea de mayor diámetro; como ejemplo consideramos una alimentación a un recipiente vertical, consistente de gas, aceite y agua.

El vapor se separa de los dos líquidos, los líquidos caen a través del tanque, se acumula, y eventualmente se forman dos capas. La capa del fondo puede retirarse sin arrastrar nada del aceite, sin embargo, si el recipiente no tiene los internos adecuados, la capa de aceite está llena de gotas de agua que se están asentando, en consecuencia, será difícil retirar aceite libre de agua. Por lo tanto pueden considerarse varias cosas:

1. Si la cantidad total de agua es muy pequeña, de tal manera que la cantidad que se retire con el aceite no tenga efecto sobre el proceso, entonces la salida lateral del recipiente será satisfactoria, tal como se ilustra en la Figura 9.1.

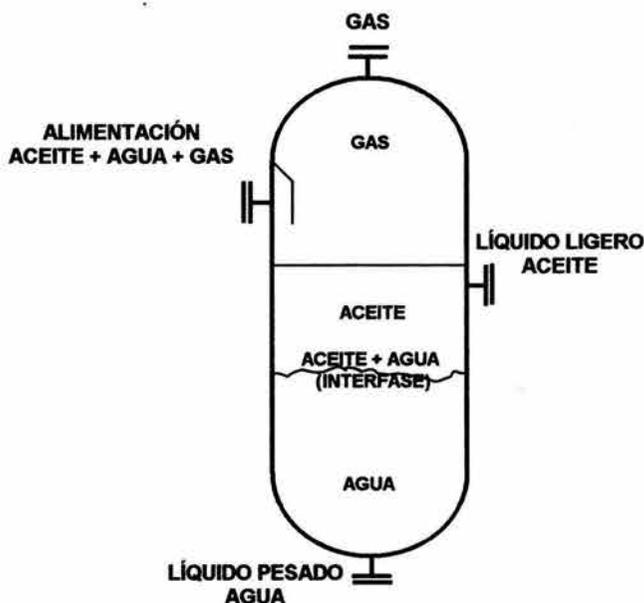


Figura 9.1 Recipiente separador vertical vapor-líquido-líquido sin internos.

2. Si se requiere aceite libre de agua, serán necesarios entonces internos adecuados para lograr la separación de las dos fases líquidas. Consideremos primero el caso donde la cantidad de aceite es relativamente pequeña y la velocidad de asentamiento del agua que sale de la fase de aceite es mucho mayor que la velocidad de asentamiento del aceite que sale de la fase acuosa. En este caso, el aceite puede retirarse a través de una mampara, como se muestra en la Figura 9.2. La velocidad vertical del aceite a través de la mampara no debe exceder la velocidad de asentamiento del aceite que sale de la fase acuosa.

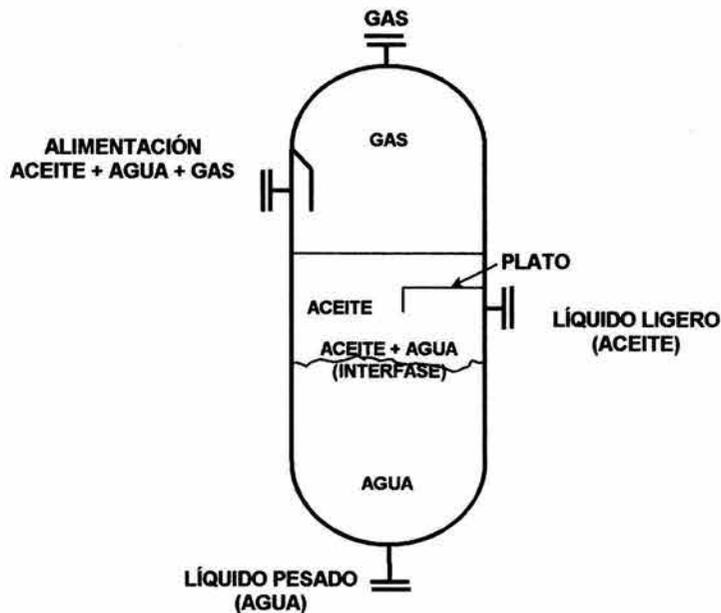


Figura 9.2 Recipiente separador vertical vapor-líquido-líquido con internos.

3. Cuando el volumen de aceite es tan grande que no puede emplearse una simple mampara, la mezcla del líquido se deja caer por un plato descendiendo por una bajante que termina arriba de la interfase. La principal dificultad con este diseño es que la complejidad de los diseños aumenta el costo, como se ilustra en la Figura 9.3.

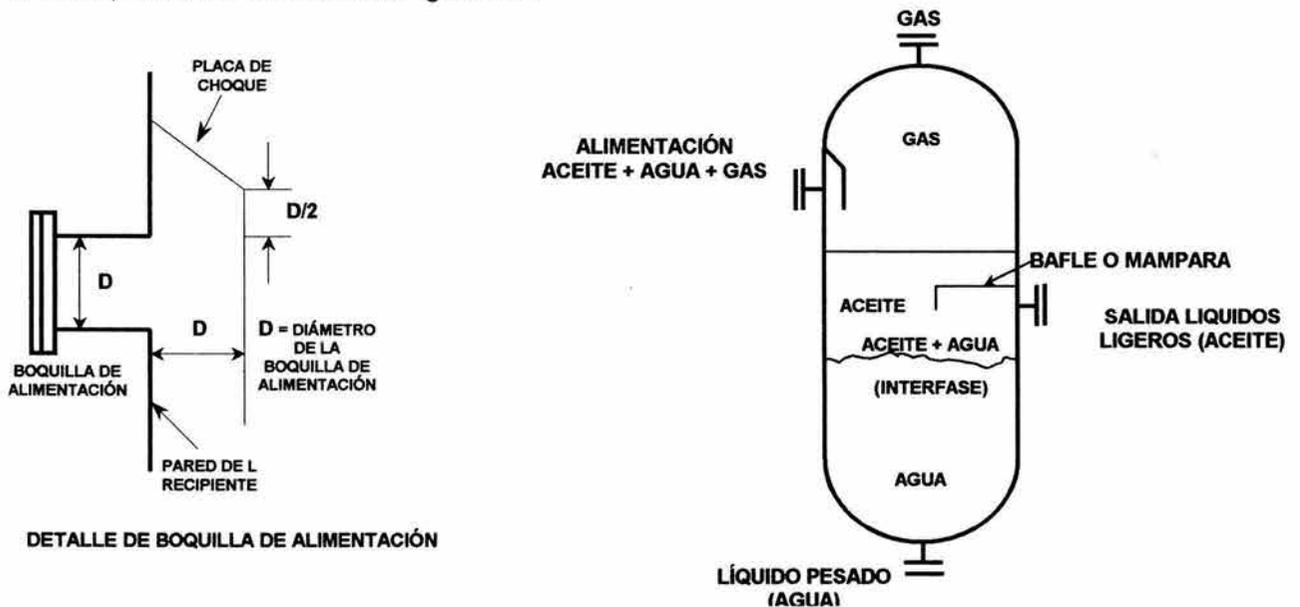


Figura 9.3 Recipiente separador vertical-líquido-líquido con internos complejos.

Los separadores verticales vapor-líquido, se prefieren para el manejo de mezclas con una elevada relación de flujo másico vapor-líquido y usualmente una fase líquida. En ciertos casos, la separación vapor-líquido puede llevarse a cabo simultáneamente con la separación por asentamiento de las dos fases líquidas. En los casos donde únicamente esté presente una pequeña cantidad de líquido, aún pueden usarse recipientes verticales.

9.1 Criterios de diseño.

Como en todos los casos, el criterio principal para el dimensionamiento de un separador vapor líquido, es la velocidad de la fase vapor. Para el cálculo de la velocidad de vapor permitida, se utiliza la ecuación de Souders y Brown:

$$V_a = K * \left[\frac{(\rho_L - \rho_V)}{\rho_V} \right]^{1/2} [=] \text{ft/seg} \dots\dots\dots 9.1$$

donde :

ρ_L = densidad de la fase líquida, en lb/ft³

ρ_V = densidad de la fase vapor, en lb/ft³

K = Factor de correlación adimensional

K = 0.20 para un tanque vertical sin malla separadora

K = 0.35 para un tanque vertical con malla separadora

Si $V_D = 0.75 * V_a$

$$D_D = \left[\frac{Q_V}{0.285 * V_D} \right]^{1/2} \dots\dots\dots 9.2$$

D_D = Diámetro del recipiente separador vertical vapor – líquido – líquido

Cuando se conocen los componentes de la fase ligera y pesada el valor del factor de correlación adimensional K, es considerado su valor de acuerdo a la Tabla 9.1:

Tabla 9.1

FASE LIGERA	FASE PESADA	TAMAÑO MÍNIMO DE LA GOTA SUPUESTO (cm)	K
Hidrocarburos:			
Gravedad específica a 60°F < 0. 85	Agua ó sosa cáustica	1.27x10 ⁻²	0.8790
Gravedad específica a 60°F > 0. 85	Agua ó sosa cáustica	1.27x10 ⁻²	0.8790
Agua	Furfural	89 x10 ⁻⁴	0.4317
Metil-etil-cetona	Agua	89 x10 ⁻⁴	0.4317

Alcohol sec-butilico	Agua	89×10^{-4}	0.4317
Metil-isobutil-cetona	Agua	89×10^{-4}	0.4317
Alcohol monolítico	Agua	89×10^{-4}	0.4317

9.2 Criterios de diseño para el cálculo de la altura de recipientes separadores verticales vapor-líquido-líquido.

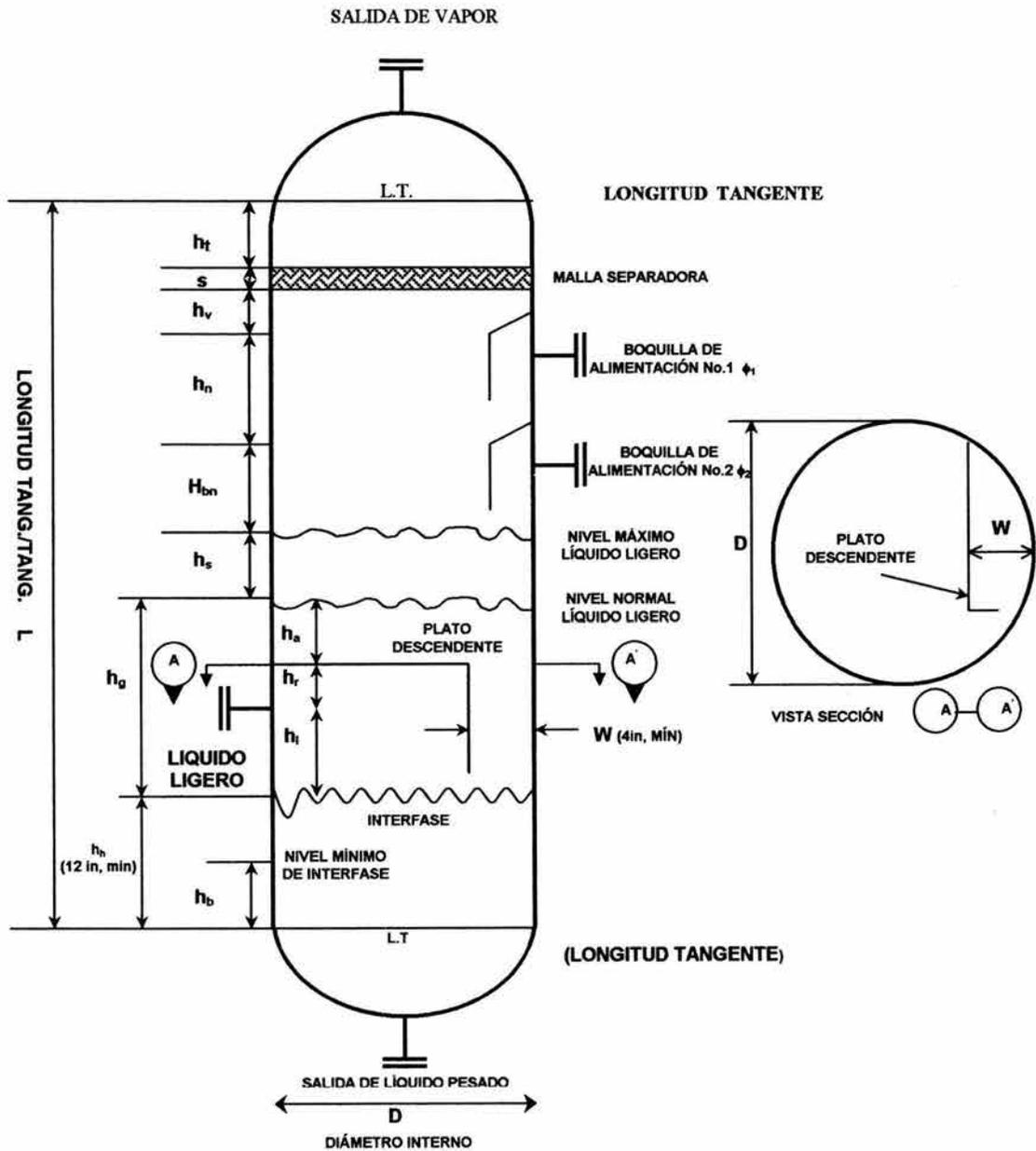


Figura 9.4 Recipiente separador de gas y dos líquidos inmiscibles.

$h_t = 30.5 \text{ cm (1 ft)}$. Si no se emplea malla separadora, no tiene sentido considerar esta altura y $h_t = 0$.
 $\phi_1 =$ Diámetro de la boquilla de alimentación número 1 en cm ó ft.

ϕ_2 = Diámetro de la boquilla de alimentación número 2 en cm ó ft.

s = Espesor de la malla separadora (se consideran 4 ó 6 in normalmente).

h_v = Altura correspondiente del espacio vapor en cm, siendo: $h_v = 0.20 * D + 91\text{cm} + \phi_1$ (cm.)

$h_n = 0.5 * \phi_1 + 0.5 * \phi_2$

Aún cuando puede usarse un mínimo de $h_n = 0$, cuando las dos boquillas de alimentación entregan las mismas cargas relativas de vapor-líquido, se recomienda emplear la h_n mínima. Las boquillas deben localizarse a la misma elevación, pero orientadas a 90° una de la otra. Para alimentaciones de diferentes características, puede ser ventajoso colocar las boquillas respectivas, 46 cm adicionales aparte.

Localizar la boquilla con la relación vapor-líquido más alta en la parte superior. Si solamente hay una boquilla de alimentación, $h_n = 0$

$h_{bn} \text{ (mínima)} = 0.2 * D + 15 \text{ cm} + \phi_2$ (cm.)

h_s = Esta dimensión fija la altura máxima a la cual se permite elevarse el nivel del líquido. En ciertos casos, tales como en tanques separadores de arrastre de la primera etapa de compresores, pueden presentarse arrastres de líquido de unidades anteriores.

h_a = Es aconsejable proporcionar un mínimo de 15 cm, incluyendo el espesor de la placa de la mampara interna.

h_r = Distancia de la cara inferior de la mampara interna a la línea central de la boquilla de líquido ligero.

Esta distancia se ajusta para satisfacer los requerimientos de tiempo de residencia para la fase líquida ligera. Si no hay requerimientos de tiempo de residencia, $h_r = 15 \text{ cm} + \frac{1}{2}$ (del diámetro de la boquilla de líquido ligero) (cm).

h_L, h_h = Alturas de asentamiento para la fase ligera y pesada, respectivamente.

$h_b = 15 \text{ cm}$, o es fijada por prácticas normales para la instalación de vidrios de nivel.

4. El separador vertical puede diseñarse para dar un volumen para la fase de líquido ligero a expensas de una altura de recipiente incrementada
5. Se requiere del manejo de las relaciones L/D para los rangos de presión sugeridos.
6. Se requiere tomar las recomendaciones de diseño adicionales incluidas en la figura 9.4

Como hemos indicado, los recipientes verticales se usan básicamente como separadores, cuando deben eliminar las gotas de líquido de volúmenes importantes de gas, de forma tal que el diseño de los mismos no requiera de tanteos, ya que la sección viene automáticamente determinada, al fijar la velocidad del gas o vapor.

Una vez determinado el diámetro y la longitud de acuerdo con las reglas prácticas de diseño las dimensiones de las boquillas más importantes se determinan inicialmente, preferentemente de la Figura 9.5 y la Tabla 9.2.

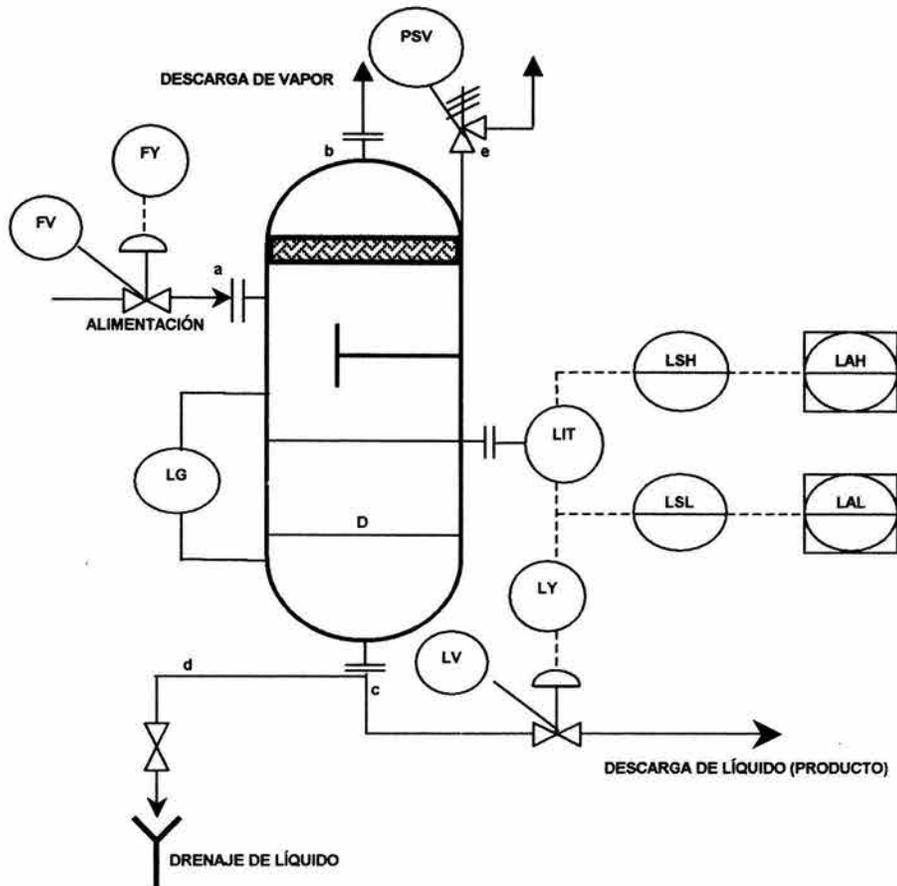


Figura 9.5 Recipiente separador vertical vapor-líquido con boquillas e instrumentos en un arreglo esquemático, e indicando los diámetros en la Tabla 9.2

Tabla 9.2 Muestra los diámetros de las boquillas principales para un recipiente separador vertical vapor-líquido-líquido.

EJEMPLO:

Diámetro = 4 ft, alimentación (a) = 8 in, salida de gas (b) = 8 in, salida de producto (c) = 2 in, purga (d) = 1.5 in, válvula de seguridad (e) = 3 in.

Tabla 9.2

Diámetro del Recipiente (ft)	DIMENSIONES EN (in)				
	Alimentación (a)	Descarga de Gas (b)	Producto Líquido (c)	Purga (d)	Válvula de Seguridad (e)
1.5	3	3	1	1	1.5
2	4	4	1	1	2
3	6	6	1.5	1	3
4	8	8	2	1.5	3
6	12	12	3	1.5	3
8	16	16	4	2	6
10	20	20	6	2	6
13	24	24	6	2	8
16	30	30	8	3	8
20	36	36	10	3	10

9.3 Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores verticales vapor-líquido-líquido.

Dimensionar un separador vertical, por el que pasa un caudal de 2650.00 Lb/hr de vapor, con una densidad de 2.23 lb/ft³ y una viscosidad de 0.000068 CP, arrastrando, 1000.00 lb/hr. de hidrocarburos parafínicos de densidad 28.70 lb/ft³ y viscosidad de 0.0875 CP y un caudal de agua de 2000.00 lb/hr., con una densidad de 61.90 lb/ft³ y una viscosidad de 0.89 CP. Presión de operación 70 psig, temperatura de operación 104 °F, material de construcción: SA-285 Gr C.

$$V_a = K * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}}$$

K = 0.35 porque el recipiente tiene malla

$$\rho_{ML} = X_{HL} * \rho_{HL} + X_{H_2O} * \rho_{H_2O}$$

$$\rho_{ML} = 0.3333 * (28.70 \text{ lb/ft}^3) + 0.6666 * (61.90 \text{ lb/ft}^3)$$

$$\rho_{ML} = 50.83 \text{ lb/ft}^3$$

$$V_a = 0.35 * \sqrt{\frac{50.83 - 2.23}{2.23}} = 1.634 \text{ ft / min}$$

$$V_D = 0.775 * V_a = 0.75 * (1.634 \text{ ft/seg}) = 1.23 \text{ ft/min}$$

$$D_D = \sqrt{\frac{Q_v}{0.785 * V_D}}$$

$$D_D = \sqrt{\frac{19.81 \text{ ft}^3 / \text{min}}{0.785 * (1.23 \text{ ft / min})}} = 4.52 \text{ ft}$$

Diámetro comercial $D_D = 4'6''$ (54 in)

Para determinar la altura total del tanque, nos basamos en la Figura XI.4.

$h_t = 1 \text{ ft}$ ó 305 mm, porque el recipiente tiene malla separadora

$\varnothing_1 =$ Diámetro de la boquilla de alimentación No. 1

$$\varnothing_1 = 8 \text{ in (0.6667 Ft)}$$

S = espesor de la malla = 6 in (0.50 ft)

$h_v =$ altura del espacio vapor; siendo

$$h_v = 0.2 * D + 91 \text{ cm} + 20.32 \text{ cm}$$

$$h_v = 0.2 (137.16 \text{ cm}) + 91 \text{ cm} + 20.32 \text{ cm}$$

$$h_v = 138.752 \text{ cm} \approx 4.55 \text{ ft}$$

$h_n = 0$; porque solamente hay una boquilla de alimentación

$$h_{bn} (\text{mínima}) = 0.20 * D + 15 \text{ cm} + \varnothing_2 \text{ cm}$$

$\varnothing_2 =$ diámetro de la boquilla de alimentación No. 2

$$h_{bn} (\text{mínima}) = 0.2 (137.16 \text{ cm}) + 15 \text{ cm} + 0 \text{ cm}$$

$$h_{bn} (\text{mínima}) = 42.432 \text{ cm} = 1.39 \text{ ft}$$

$h_s =$ altura a la cual permita elevarse el líquido

$$h_s = 15 \text{ cm} = 0.5 \text{ ft}$$

$$h_a = 15 \text{ cm} = 0.5 \text{ ft}$$

h_r = distancia de la cara inferior de la mampara interna a la línea central de la boquilla de líquido ligero.

$$h_r = 15 \text{ cm} + 0.5 \text{ } \varnothing \text{boquilla}$$

$$h_r = 15 \text{ cm} + 0.5 (5.08 \text{ cm}) = 17.54 \text{ cm} = 0.60 \text{ ft}$$

h_L, h_n = altura de asentamiento para las fases ligera y pesada

$$h_L = \frac{Q_L * \theta_R}{A} = \frac{Q_L * \theta_R}{\frac{\pi}{4} * D^2}$$

Si el tiempo de residencia para un sistema de hidrocarburos-agua es de 15 minutos.

$$h_L = \frac{0.58072 \text{ ft}^3 / \text{min} * 15 \text{ min}}{0.785 * (4.5 \text{ ft})^2}$$

$$h_L = 0.54798 \text{ ft}$$

Pero como la distancia mínima es de 1 ft

$$h_n = \frac{0.5385 \text{ ft}^3 / \text{min} * 15 \text{ min}}{0.785 * (4.5 \text{ ft})^2} = 0.50814 \text{ ft}$$

$$h_L = 1 \text{ ft}$$

Pero como la distancia mínima es de 1ft

$$h_n = 1 \text{ ft}$$

El rango del controlador o máxima distancia entre las posiciones extremas del nivel del líquido o interfase es de 32 in (2.66 ft), si el diámetro del recipiente oscila entre 4 y 5.5 ft; pero 14 in es suficiente (1.16 ft)

$$h_n + h_L + 1.16 \text{ ft} = 3.16 \text{ ft}$$

$$h_L = 1.58 \text{ ft}$$

$$h_n = 1.58 \text{ ft}$$

$h_b = 15 \text{ cm} = 0.5 \text{ ft}$; que es fijada por prácticas normales para la instalación de vidrios de nivel.

Por lo tanto

$$\frac{L}{D} = \frac{12.8667 \text{ ft}}{4.5 \text{ ft}} = 2.8593$$

si para una presión de diseño de 100 psig o menor $\frac{L}{D} = 3 \geq \frac{L}{D} = 2.748$; Ok

Cálculo del espesor del cuerpo:

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

$$P = 70 \text{ psig} + 28.44 \text{ psig} = 98.44 \text{ psig}$$

$$S = 13750$$

$$E = 0.85$$

$$R = \frac{D}{2} = \frac{54 \text{ in}}{2} = 27 \text{ in} \quad t = \frac{1}{8} \text{ in} = 0.1251 \text{ in}$$

$$t = \frac{(98.44 \text{ Lb/in}^2) * (27 \text{ in})}{(13750 \text{ Lb/in}^2) * (0.85) - 0.6 * (98.44 \text{ Lb/in}^2)} + 0.125 \text{ in}$$

$$t = 0.3535 \text{ in}$$

Cálculo del espesor de las tapas, semielípticas:

$$t = \frac{P * D}{2 * S * E - 0.2 * P} + tc$$

$$t = \frac{(98.44 \text{ Lb/in}^2) * (54 \text{ in})}{2 * (13750 \text{ Lb/in}^2) * (0.85) - 0.2 * (98.44 \text{ Lb/in}^2)} + 0.125 \text{ in}$$

$$t = 0.3526 \text{ in}$$

El espesor del cuerpo y tapas es de: $t = 3/8 \text{ in}$

Cálculo de niveles:

1. Nivel máximo del líquido = $h_s + h_a + h_r + h_l + h_n$
N. máx. líq. = $0.5 \text{ ft} + 0.5 \text{ ft} + 0.60 \text{ ft} + 3.16 \text{ ft}$
N. máx. líq. = 4.76 ft
2. Nivel normal del líquido = $h_a + h_r + h_l + h_n$
N. nor. líq. = $0.5 \text{ ft} + 0.60 \text{ ft} + 3.16 \text{ ft}$
N. nor. líq. = 4.26 ft
3. Nivel mínimo del líquido = h_b
N. min. líq. = 0.50 ft

CAPITULO 10

RECIPIENTES SEPARADORES HORIZONTALES VAPOR-LÍQUIDO-LÍQUIDO

Aquí presentamos un camino matemático para hacer el diseño de los tanques acumuladores de acuerdo a sus características particulares. Estos equipos contienen a menudo pequeñas cantidades de una segunda fase líquida pesada que sedimenta y un colector o pierna es normalmente provisto para hacer más fácil la separación de la fase líquida pesada. Aunque algunas veces puede no ser necesario el colector o pierna.

Los separadores horizontales son de diseño más complejo, pues aún despreciando el volumen de las tapas, es posible diseñarlos con aproximación razonable. El error cometido al despreciar el volumen de las tapas depende del nivel de líquido y es menor para tapas toriesféricas que para las elípticas (no se utilizan tapas hemisféricas para acumuladores y decantadores).

No es práctico el uso de un recipiente vertical para efectuar la separación de un vapor y dos fases líquidas, ya que generalmente se requiere de dispositivos internos para efectuar una buena separación de las fases líquidas. Estos dispositivos internos hacen que el costo del recipiente vertical sea mayor que el de un recipiente horizontal, es también común que el recipiente vertical sea de mayor diámetro que el de un recipiente horizontal, porque los recipientes verticales son generalmente más grandes que los recipientes horizontales para un mismo servicio.

10.1 Criterios de diseño.

El servicio típico de este tipo de recipientes es de acumuladores de reflujo, por lo que presentaremos un método matemático para diseñar tanques acumuladores de reflujo de una torre de destilación. Se diseñan generalmente como recipientes destinados a proveer un tiempo de residencia al proceso. El uso más importante es el de la retención del destilado. Comúnmente las dimensiones de un tanque de reflujo de una torre de destilación deben fijarse para:

1. Permitir la separación de las gotas líquidas arrastradas por el vapor.
2. Proporcionar un tiempo de residencia para el líquido contenido entre el nivel máximo y nivel mínimo.

Si una segunda fase líquida existe, el método de cálculo emplea un tiempo de residencia conservativo para su sedimentación.

Si despreciamos el volumen ocupado por las cabezas del tanque, podemos, por un procedimiento matemático relativamente simple, obtener una solución rigurosa del problema de determinación del espacio requerido para el líquido, usando la velocidad de sedimentación requerida para el líquido, usando la velocidad de sedimentación de las gotas de la fase pesada.

En los acumuladores, el tiempo de retención debe ser superior a un mínimo, definiendo el tiempo de residencia como el equivalente al volumen contenido entre el nivel máximo del líquido (HLL) y el mínimo (LLL). Si existe una segunda fase líquida que decantar, se ha de tener en cuenta la ley de Stokes, aunque se puede introducir una simplificación en el caso de pequeñas cantidades de una segunda fase, de manera tal que el tiempo de residencia t es igual a la suma del tiempo de residencia por necesidades de control (t_s) equivalente al líquido contenido entre el nivel máximo (HLL) y nivel mínimo (LLL), mas un tiempo de residencia para la decantación, equivalente al líquido por debajo del

nivel mínimo (LLL); es decir, en este caso, el tiempo de retención total para un acumulador de reflujo que condense dos fases es:

$$t = t_{s(\text{acumulador})} + t_{d(\text{decantador})}$$

Según la importancia relativa de la segunda fase a decantar, el acumulador se provee de un colector o pierna. Por lo tanto, abajo del nivel mínimo (LLL), debe de proveerse un tiempo de residencia para permitir la llegada de las gotas de la fase pesada al fondo del tanque o pierna, antes de que se disperse la fase que contiene las gotas más pesadas. La elevación de las gotas de la fase ligera a la fase pesada no es considerada. Usualmente la fase pesada existe en pequeñas cantidades comparadas con la fase ligera, y si existen gotas de ésta fase (pesada) en la fase ligera, la sedimentación toma lugar en la pierna del recipiente.

3. Y muchas veces, permitir la decantación de pequeñas cantidades de una segunda fase líquida (la mayoría de las veces agua proveniente del vapor de arrastre). Los parámetros básicos de la sedimentación en tanques, son las dimensiones y las posiciones del nivel máximo y mínimo.

El tanque debe proveer un espacio mínimo para permitir el desalojo de las gotas que son arrastradas por el vapor (h_H). Para la separación de las gotas de vapor, se tiene que limitar la velocidad del vapor de acuerdo con la ley de Newton, con lo que se puede determinar el área mínima libre de líquido o espacio vapor por encima del nivel máximo de líquido (HLL), la cual ha de superar siempre un cierto límite inferior, pues se debe fijar una distancia h_H igual a $20\% * D$, ó mayor de 10 in, excepto para diámetros mayores a 8.5 ft, para los que se toman porcentajes menores (ver la Figura 10.1), esta regla equivale a fijar un valor mínimo para la relación entre la velocidad real del vapor y la velocidad crítica para la separación de las gotas.

Por ésta razón diremos que el diámetro del tanque es gobernado por el flujo del vapor y la velocidad máxima del vapor expresada en la siguiente ecuación:

$$V = K * \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_V}{\rho_V}} = K * \sqrt{\frac{\rho_L}{\rho_V} - 1} = \frac{\text{Flujo del vapor}}{\text{Área mínima del vapor}} \dots\dots\dots 10.1$$

Donde:

V = Velocidad del vapor, en ft/seg

ρ_L, ρ_V = densidad del líquido y vapor, respectivamente, en lb / ft³ a condiciones de operación.
y comúnmente:

K = 0.13 ft /seg. Para separadores horizontales sin malla

K = 0.26 ft / seg. Para separadores horizontales con malla.

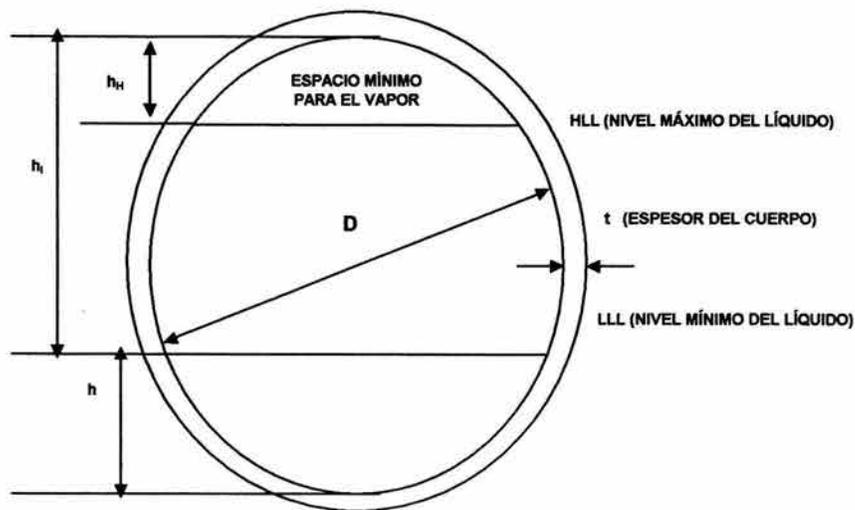


Figura 10.1 Corte transversal de un tanque de reflujo mostrando los niveles máximo (HLL) y mínimo (LLL)

Las reglas de diseño suplementarias son que h podría no ser menor al 10% del diámetro del tanque ó 6 in, cualesquiera que sea mayor, h_H que no debe ser menor del 20% del diámetro, para permitir el montaje de los instrumentos de nivel, la distancia entre el nivel máximo (HLL) y el nivel mínimo (LLL) debe ser de 14 in o más. El procedimiento por ensayo y error es establecido por la suposición de un valor de Y , el cual da el valor correspondiente de X , y entonces se usan estos valores para calcular el diámetro y la longitud de las respectivas ecuaciones.

Resolviendo las Ecuaciones 10.3 y 10.4, que posteriormente describiremos, para una serie de valores de r (proporciones económicas del tanque $r = L / D$), se permite la construcción con las dimensiones mínimas longitud-diámetro (L / D), representadas en una gráfica. Y la curva obtenida nos permite establecer las dimensiones óptimas del recipiente de acuerdo a cualquier criterio deseado.

Se debe enfatizar que excepto para un tiempo de residencia único (o almacenamiento), la función del tanque puede ser la de separar al líquido-líquido, vapor-líquido, dependiendo del área de la sección transversal del tanque, diámetro y longitud, no corresponden al volumen del recipiente. Por lo tanto, un camino para optimizar las dimensiones mínimas del tanque que satisfagan los requerimientos de operación. En el procedimiento convencional de diseño, se fija el volumen del tanque y entonces se optimiza la relación L / D y todos o algunos de los requerimientos de operación podrían ser excedidos.

Normalmente los tanques acumuladores de reflujo son construidos horizontalmente e instalados horizontalmente porque el líquido contenido es lo más importante. Y porque este método de diseño se aplica únicamente para recipientes horizontales, para evaluaciones económicas, los tamaños de las boquillas, internos, tuberías e instrumentación son dados en la Figura 10.2 y Tabla 10.1, las cuales deben ocupar distancias mínimas de la línea de tangencia del recipiente, los recipientes podrían ser construidos con una pendiente del 0.5 al 1% para facilitar su drenado.

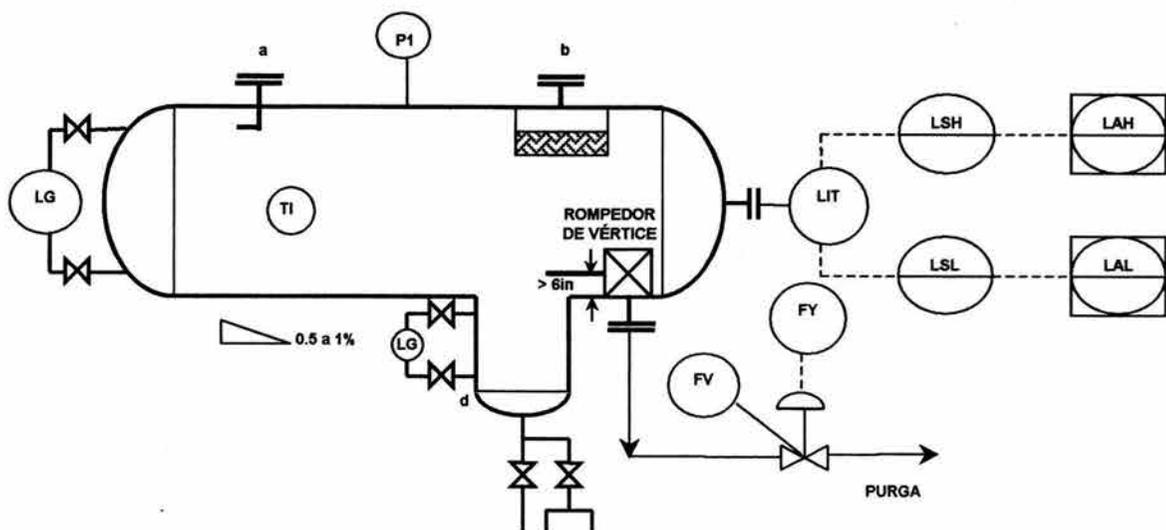


FIGURA 10. 2 Tanque de reflujo con pierna, boquillas e instrumentos en un arreglo esquemático.

Tabla 10.1 Muestra los diámetros de las boquillas principales para un recipiente separador horizontal vapor-líquido-líquido.

TAMAÑO DE BOQUILLAS (in)					
DIÁMETRO DEL RECIPIENTE (ft)	BOQUILLA DE ALIMENTACIÓN a	DESCARGA DE VAPOR (OVERHEAD) b	PRODUCTO LÍQUIDO (FONDOS) c	PURGA d	BOQUILLAS DE ACCESO CANTIDAD-DIÁMETRO
3	4	2	3	1.5	2 - 6"
4	6	3	4	2	1 - 18"
6	10	4	8	2	1 - 18"
8	12	6	10	3	1 - 18"
10	16	8	12	3	2 - 18"
13	20	10	16	4	2 - 18"
16	24	12	20	4	2 - 18"

Cuando pequeñas cantidades de una segunda fase líquida sedimentan, un colector o pierna es normalmente provisto para hacer que la separación de la segunda fase líquida pesada sea fácil. El diámetro del colector es ordinariamente determinado para velocidades de la fase líquida pesada de 0.5 ft/min. Su mínima longitud es de 3 ft, para permitir un espacio para la conexión del control de nivel.

El diámetro mínimo de la pierna para tanques de reflujo que tiene de 4 a 8 ft de diámetro, es de 16 in, y para diámetros mayores a 8 ft, un diámetro del colector de 24 in, podría ser usado. El diámetro mínimo de la pierna es de 1 ft (12 in = 30.5 cm) y el diámetro máximo es de 1/3 del diámetro del recipiente. Con los criterios que acabamos de enumerar ya es posible determinar las dimensiones del acumulador, que como ya dijimos anteriormente tradicionalmente se ha efectuado por tanteos o mediante

aproximaciones muy simplificadas. Aquí se establece un método que elimina los tanteos, y que, asimismo permiten la optimización de las dimensiones a través de la relación analítica o gráfica (L / D).

Consideraremos el uso de un acumulador con dos fases líquidas. Siendo la velocidad de diseño para el vapor según la fórmula $t = t_s + t_d$, el tiempo de residencia de la fase líquida.

10.2. Método de cálculo para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido-líquido.

Primero determinaremos la velocidad de la Ecuación 10.1 y el T_s del Capítulo 6 respectivo, o de la Tabla 10.2 siguiente, de la cual se puede tomar como base para los acumuladores de reflujo el tiempo de residencia entre el nivel máximo y el nivel mínimo, los siguientes valores típicos:

Tabla 10.2 Para la obtención del tiempo de residencia en equipos.

CORRIENTE	TIEMPO DE RESIDENCIA (min.)
Reflujo de una torre de destilación	5
Producto a almacenamiento	2
Producto de un cambiador de calor que va a otras etapas del proceso	5
Producto a calentadores	10

Nota: solamente el volumen más grande debe ser usado, no debemos sumar dos volúmenes (por ejemplo reflujo más producto).

Para otros productos, el tiempo de residencia, en minutos, requerido para lograr la separación de los fluidos puede ser estimada de la siguiente ecuación:

$$T_d = 3 * \mu / S.G.$$

Donde:

μ = Viscosidad de la fase líquida continua o predominante, en CP

S.G. = Diferencia de gravedades específicas o densidades entre las dos fases líquidas, en gr/cm^3

Llamaremos a X_L el área de la sección transversal del tanque ocupada por el líquido hasta el nivel máximo (HLL) y X_V el área de la sección transversal mínima ocupada por el vapor arriba del nivel máximo (HLL), expresada como un porcentaje, podemos escribir la ecuación siguiente:

$$X_L + X_V = 100 \dots\dots\dots 10.2$$

despreciando el volumen de las tapas, la velocidad del vapor es igual al volumen de carga del vapor entre el área mínima del vapor (sección transversal); ó:

$$V = \frac{M_v / (3600 * \rho_v)}{\left(\frac{X_V}{100}\right) * \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)} [=] \text{ ft/seg} \dots\dots\dots 10.3$$

Como también el tanque debe proveer un tiempo de residencia t , para el líquido, el cual debe ser establecido para el rango entre el nivel máximo y el nivel mínimo para operar los niveles.

$$\text{TIEMPO DE RESIDENCIA} = \frac{\text{VOLUMEN DEL LÍQUIDO}}{\text{FLUJO DEL LÍQUIDO}} \quad \text{ó}$$

$$t = \frac{\left(\frac{x_L}{100}\right) * L * \left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)}{\frac{M_L}{60 * \rho_L}} [=] \text{ minutos} \dots\dots\dots 10.4$$

Donde:

M_V = Flujo de vapor, en lb/hr

M_L = Flujo del líquido, en lb/hr

ρ_V y ρ_L = Densidades del vapor y líquido respectivamente, en lb/ft³, a las condiciones de operación.

Combinando la Ecuación 10.3 y 10.4 y reorganizando, tenemos:

$$\frac{X_V}{X_L} = \frac{(M_L * \rho_L * L)}{(V_t * M_V * \rho_V)}$$

Y sustituyendo la Ecuación 10.1 en la ecuación anterior tenemos:

$$\frac{X_V}{X_L} = \left[\frac{L * M_V}{K * t * M_L} \right] * \left[\frac{\rho_L}{\rho_V} \right]^{1/2} = \frac{L * M_V * a}{K * t * M_L}$$

$$\text{donde : } a = \left[\frac{\rho_L}{\rho_V} \right]^{1/2} \dots\dots a \text{ dim ensional}$$

Rearreglando y tomando en cuenta la ecuación 10.2.

$$L = \left[\frac{X_V}{100 - X_V} \right] * \left[\frac{60 K * t * M_L}{a * M_V} \right] [=] \text{ ft} \dots\dots\dots 10.5$$

Pero si una segunda fase líquida sedimenta $t = t_s + t_d$; por lo tanto, la expresión:

$$L = \left[\frac{X_V}{95 - X_V} \right] * \left[\frac{60 K * t * M_L}{a * M_V} \right] [=] \text{ ft} \dots\dots\dots 10.5A$$

Resolviendo la ecuación 10.4 para L y combinando con la ecuación 10.5:

$$\frac{X_V * K}{M_V * a} = \frac{1}{9 * \pi * D^2 * \rho_L} ; \quad \text{ó}$$

$$D = \left[\frac{1}{(3 * \pi^{1/2})} \right] * \left[\frac{M_V * a}{X_V * K * \rho_L} \right]^{1/2} = 0.188 * \left[\frac{M_V * a}{K * \rho_L} \right]^{1/2} * \left[\frac{1}{\sqrt{X_V}} \right] [=] \text{ ft} \dots\dots\dots 10.6$$

Dando valores a X_V en las ecuaciones 10.5 y 10.6 encontramos las dimensiones del recipiente hasta que cumplan los requerimientos de la velocidad máxima permisible y tiempo de residencia. Graficando

estos valores (tres puntos son suficientes) en una gráfica longitud contra diámetro, la curva obtenida divide a la gráfica en dos regiones:

1. Donde damos los valores de L y D hasta cumplir los requerimientos.
2. Y donde los requerimientos son excedidos. Por lo tanto las mínimas dimensiones del tanque caen en la curva.

Si consideramos las dimensiones óptimas del recipiente como las expresadas en la ecuación 10.7, que es una buena aproximación para poder establecer el peso mínimo del recipiente con un factor de corrección para las cabezas.

La fórmula para el recipiente con cabezas elípticas 2:1 es:

$$\left[\frac{P}{2 * S * E - P} \right] * D^4 + 0.083 * D^3 - 0.0905 * V = 0 \dots\dots\dots 10.7$$

Donde:

D = Diámetro del recipiente, en ft

V = Volumen del recipiente, en galones

P = Presión de diseño, en psig

S = Esfuerzo máximo permisible del material de construcción del tanque, en psi

E = Eficiencia de soldadura ≤ 1

Y sustituyendo V por este valor:

$$V = 7.841 * \left[\frac{\pi * D^2}{4} \right] * \left[L + \frac{D}{3} \right] [=] galones$$

Resolviendo L para la ecuación 10.7, obtenemos:

$$L = \frac{P * D^2}{0.053 * (2 * S * E - P)} + 1.227 * D [=] ft \dots\dots\dots 10.8$$

Graficando la ecuación 10.8 en la gráfica L/D, (tres puntos son suficientes), la intersección de la curva de L y D nos daría las dimensiones óptimas teóricas. De la unión del punto de intersección con el origen, se obtiene una línea recta, esta línea recta obtenida da una vertical y da el diámetro externo que corresponde a una tapa comercial y este es el valor de la longitud.

Observe que el valor del diámetro (D) es el valor real del diámetro interno (D.I.) y tomando en cuenta el espesor, nos da el diámetro externo (D.O).

Prácticamente es mejor efectuar la resolución utilizando las expresiones 10.5 y 10.6 para L y D en función de X_v , con lo que se puede construir la curva L vs. D, dando valores simultáneos a X_v , con la ventaja de que el significado físico de X_v , se determina inmediatamente la zona práctica de la curva. Asimismo, si se usa la ecuación del tipo de la 10.8, esta se puede representar dando valores a D en la zona que nos interesa, con lo que la intersección de las dos curvas nos da el óptimo sin necesidad de resolver directamente ecuaciones más complejas.

10.3 Ejemplo de dimensionamiento para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido-líquido.

Se ha diseñado un acumulador de reflujo horizontal condensando parcialmente una fase líquida. Supongamos los datos siguientes para un acumulador de reflujo de una torre de destilación cuyo destilado se manda a un horno.

Presión de trabajo:	250.00 psig
Temperatura de	
Producto extraído:	100 °F
Caudal de reflujo:	$M_L = 87,400.00 \text{ Lb / hr}$
Caudal de producto extraído:	$M_L = 28,300.00 \text{ Lb / hr}$
Caudal de vapor no condensado:	$M_V = 14,100.00 \text{ Lb / hr}$
Densidad del vapor a condiciones de trabajo:	$\rho_V = 1.15 \text{ Lb / Ft}^3$
Densidad del líquido a condiciones de trabajo:	$\rho_L = 39.30 \text{ Lb / Ft}^3$

El recipiente se construirá con tapas elípticas (2:1), el material a emplear es SA-285 Gr C y se efectuará un radiografiado por puntos con un sobre espesor de 0.125 in el esfuerzo máximo permisible, $S = 13,750 \text{ psi}$, $E = 0.85$, el tiempo de residencia para el reflujo es de $t_s = 5 \text{ min}$. para $M_L = 87,400.00 \text{ Lb/hr}$

$$\begin{aligned} \text{Masa total de hidrocarburos} \quad M_L &= 87,400.00 \text{ Lb / hr} + 28,300.00 \text{ Lb / hr} \\ M_L &= 115,700.00 \text{ Lb / hr} \end{aligned}$$

$$M_{L1} \text{ masa de retención para el reflujo} = 5 \text{ min} * \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} * 87,400.00 \text{ Lb / hr} = 7,283.33 \text{ lb.}$$

$$M_{L2} \text{ masa de retención para el producto al horno} = 10 \text{ min} * \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} * 28,300 \text{ Lb / hr}$$

$$M_{L2} \text{ masa de retención para el producto al horno} = 4,716.66 \text{ lb.}$$

Si $M_{L1} > M_{L2}$; por lo tanto evidentemente tenemos que controlar el reflujo

$$\text{El tiempo de decantación sera } t_d = 5 \text{ min.} * \frac{115700.00 \text{ Lb/hr}}{87400.00 \text{ Lb/hr}} = 6.62 \text{ minutos}$$

$$t = t_s + t_d$$

$$t = 5 \text{ min} + 6.62 \text{ min} = 11.62 \text{ min}$$

Si el acumulador no tiene malla separadora $K=0.13$

$$a = \left[\frac{\rho_L}{\rho_V} \right]^{1/2} = \left[\frac{39.9 \text{ Lb / Ft}^3}{1.15 \text{ Lb / Ft}^3} \right]^{1/2} = 5.89$$

Sustituyendo los valores en la ecuación 10.5 y 10.6 tenemos:

$$L = \left[\frac{X_v}{100 - X_v} \right] * \left[\frac{60 * (0.13) * (11.62 \text{ min}) * (87400.00 \text{ Lb/hr})}{(5.89) * (14100.00 \text{ Lb/hr})} \right]$$

$$L = 95.38 * \left[\frac{X_v}{100 - X_v} \right] (\text{ft})$$

$$D = 0.188 * \left[\frac{M_v * a}{K * \rho_L} \right]^{1/2} * \left[\frac{1}{\sqrt{X_v}} \right]$$

$$D = 0.188 * \left[\frac{14100.00 \text{ Lb/hr} * (5.89)}{(0.13) * (39.9 \text{ Lb/ft}^3)} \right]^{1/2} * \left[\frac{1}{\sqrt{X_v}} \right]$$

$$D = 23.79 * \left[\frac{1}{\sqrt{X_v}} \right] (\text{ft})$$

Si	$X_v = 16\%$	$L = 18.16 \text{ ft}$	$D = 5.95 \text{ ft}$
	$X_v = 20\%$	$L = 23.84 \text{ ft}$	$D = 5.32 \text{ ft}$
	$X_v = 25\%$	$L = 31.79 \text{ ft}$	$D = 4.758 \text{ ft}$

Estos valores son mostrados en la figura 10.3, y graficando los valores de L y D obtenemos una curva la cual nos da el costo mínimo, con las dimensiones mínimas, las cuales también están de acuerdo con la ecuación 10.8

$$L = \frac{P * D^2}{0.053 * (2 * S * E - P)} + 1.227 * D$$

$$L = \frac{250 * D^2}{0.053 * [2 * (13750) * (0.85) - 250]} + 1.227 * D$$

$$L = 0.204 * D^2 + 1.227 * D$$

Dando a D tres valores es suficiente.

$D = 4 \text{ ft}$	$L = 8.172 \text{ ft}$
$D = 5 \text{ ft}$	$L = 11.24 \text{ ft}$
$D = 6 \text{ ft}$	$L = 14.706 \text{ ft}$

Graficando estos valores en la figura 10.3, obtenemos teóricamente un D.I. De 6 Ft con 4 in conectando el punto de intersección de la curva con el origen, se obtiene una línea recta la cual corta al D.O. (diámetro externo), en 6 ft, 6 in, el cual es el valor comercial más próximo y una longitud tangente-tangente de $L = 16 \text{ ft, 6 in}$

Utilizamos dos placas estándar de 8 ft de ancho, más 3 in de cada una de la línea de tangencia, para soldarse en cada tapa del recipiente.

Cálculo del espesor del cuerpo cilíndrico

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

$$P = 250 \text{ psig} + 28.44 \text{ psig} = 278.44 \text{ psig}$$

$$D = 6.6 \text{ ft} * \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} = 79.20 \text{ in}; \quad R = \frac{D}{2} = \frac{79.20 \text{ in}}{2} = 39.6 \text{ in}$$

$$t_c = \frac{1}{8} \text{ in} = 0.125 \text{ in} \quad s = 13750.00 \text{ psig} \quad E = 0.85$$

$$t = \frac{(278.44 \text{ psig}) * (39.60 \text{ in})}{(13750.00 \text{ psig}) * (0.85) - 0.6 * (13750.00 \text{ psig})} + 0.125 \text{ in}$$

$$t = 1.082 \text{ in} \approx 1.0 \text{ in}$$

Cálculo del espesor de las tapas elípticas

$$t = \frac{P * D}{2 * S * E - 0.2 * P} + t_c$$

$$t = \frac{(278.44 \text{ psig})(79.20 \text{ in})}{2 * (13750 \text{ psig}) * (0.85) - 0.2 * (278.44 \text{ psig})} + 0.125 \text{ in}$$

$$t = 1.0706 \text{ in} \approx 1.0 \text{ in}$$

El espesor seleccionado del cuerpo y tapas es de:

$$t = 1.0 \text{ in}$$

$$(\text{diámetro interno}) \text{ D.I.} = \text{Diámetro Externo (D.O.)} - 2 (t)$$

$$\text{D.I.} = 78 \text{ in} - 2 (1 \text{ in})$$

$$\text{D.I.} = 76 \text{ in} = 6.33 \text{ ft}$$

Para determinar los niveles de líquido, usamos la ecuación 10.6.

$$D = 23.79 * \left[\frac{1}{\sqrt{X_v}} \right]; ft$$

$$X_v = \left[\frac{23.79}{D} \right]^2 = \left[\frac{23.79}{6.33} \right]^2 = 14.12\%$$

El volumen para el nivel del líquido (LLL) (5 minutos para el total de hidrocarburos)

$$V_{LLL} = \text{Tiempo de residencia} * \frac{M_L \text{ Total}}{\rho_L}$$

$$V_{LLL} = \frac{5 \text{ min} * 115,700.00 \text{ Lb/hr}}{60 * 39.9 \text{ Lb/ft}^3} = 241.65 \text{ ft}^3$$

Y el procedimiento del área de la sección transversal del líquido sería:

$$A_s = \frac{V_{LLL} / L}{\pi * D^2 / 4}$$

$$A_s = \frac{241.65 \text{ ft}^3 / 16.5 \text{ ft}}{\pi * (6.33 \text{ ft})^2 / 4} * 100 = 46.5\%$$

La altura ocupada por arriba del nivel máximo (HLL), es decir el espacio ocupado por el vapor se determina.

$$h_H > 20\% * D \text{ ó } 10 \text{ in lo que sea mayor}$$

$$h_H = \frac{20}{100} (76 \text{ in}) = 15.20 \text{ in}$$

Para calcular la altura ocupada por el líquido desde el nivel mínimo (LLL) al tope del recipiente, primero calculamos el área porcentual del líquido:

$$A_L = 100 - A_s = 100 - 46.50 = 53.50\%$$

$$A_L = (53.50 - 2) \text{ in} = 51.5 \text{ in}$$

$$h_L = \frac{51.5 * (76 \text{ in})}{100} = 39.14 \text{ in}$$

El nivel inferior para el tanque acumulador será:

$$h = 10\% * D. I. \text{ ó } 5 \text{ in, cualquiera que sea mayor}$$

$$h = \frac{10}{100}(76 \text{ in}) = 7.6 \text{ in}$$

Como el recipiente separador será previsto de una pierna o colector para su mejor funcionamiento.

Como el diámetro del tanque es:

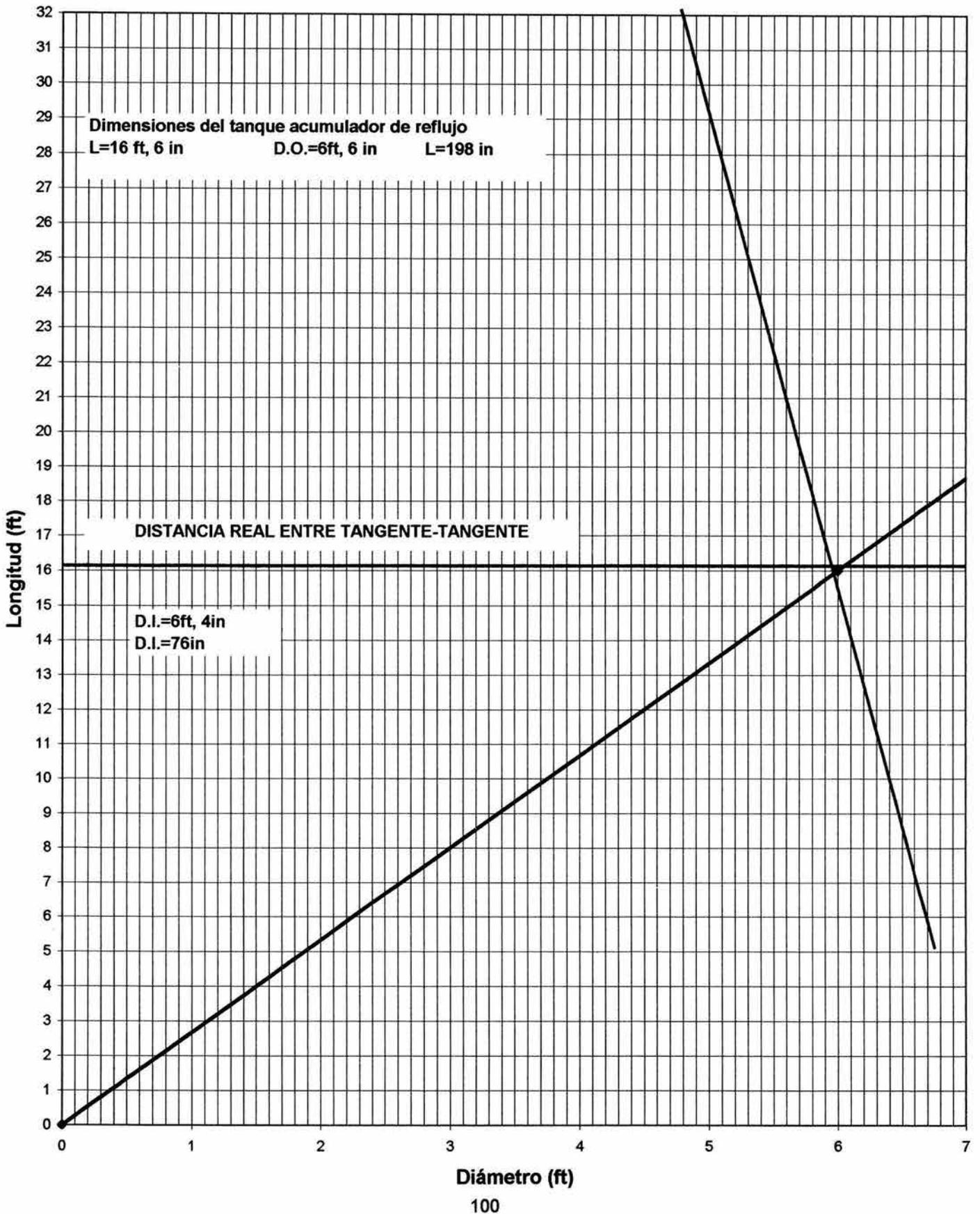
$$D = 6 \text{ ft } 4 \text{ in}$$

El diámetro de la pierna es:

$$16 \text{ in} < d < D/2; 16 \text{ in} < d < 37.5 \text{ in}$$

Por lo tanto consideramos una pierna de 36 in con una longitud 3 ft (36 in).

FIGURA 10.3 L/D para el cálculo de dimensiones óptimas de un recipiente separador horizontal vapor-líquido-líquido



CAPITULO 11

DISEÑO MECANICO PARA RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LÍQUIDO (RECIPIENTES A PRESIÓN)

11.1. Generalidades del código ASME para diseño y construcción de los recipientes separadores vapor-líquido.

Una vez que ya hemos cubierto la teoría y el cálculo de la geometría de los recipientes veremos lo correspondiente al diseño mecánico de los recipientes separadores vapor-líquido, empezando dando una breve historia sobre el código ASME el cual esta hecho de tal manera que constituye la estructura principal, para el diseño mecánico y fabricación de los recipientes a presión.

El código para calderas y recipientes a presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), se originó por la necesidad de proteger a la sociedad de continuas explosiones de calderas que sucedían antes de reglamentarse el diseño y la construcción.

Inglaterra fue uno de los primeros países que sintió la necesidad de ordenar, y fue uno de los más graves desastres a escala industrial que sufrió la ciudad de Londres al explotar una caldera en el año de 1815, la investigación la llevó a cabo la Cámara de los Comunes por medio de un comité, el cual después de agotar todas sus pesquisas, logro establecer tres de las principales causas del desastre, que fueron: construcción inapropiada, material inadecuado y el aumento gradual y excesivo de la presión, al final de su informe; dicho comité recomendó el empleo de cabezas hemisféricas, el hierro forjado como material de construcción y el empleo de válvulas de seguridad de presión.

A principios del siglo XIX tan solo en los Estados Unidos ocurrieron entre 350 y 400 pérdidas de vidas y de propiedades, después de muchos debates y discusiones publicas el estado promulgó en 1907 el primer código legal para la construcción de calderas de vapor al año siguiente el estado de Ohio aprobó un reglamento similar. Otros estados y ciudades de la unión Americana que habían padecido las explosiones similares se dieron cuenta que éstas podían evitarse mediante un buen diseño y una fabricación adecuada y se dieron a la tarea de formular reglamentos para éste propósito.

Después de años de innumerables reuniones y audiencias públicas fue aprobado en la primavera de 1915, el primer código ASME "Reglas para la construcción de calderas estacionarias y para las presiones permisibles de trabajo" conocido como la edición de 1914.

Desde entonces el código ASME, ha tenido varias modificaciones y se le han adicionado secciones debido a las diversas necesidades de la industria.

Las secciones de que consta el código son las siguientes:

SECCION I Calderas de Potencia (Power Boilers)

SECCION II Especificaciones de materiales (Material Specifications)

- Parte A Especificaciones de materiales ferrosos (Ferrous Materials)
- Parte B Especificaciones de materiales no ferrosos (Non Ferrous Materials)
- Parte C Especificaciones de materiales de soldadura (Welding Materials)

SECCION III Plantas de Potencia Nuclear (Nuclear Power Plants) División 1 y División 2
Componentes: Requerimientos generales División 1 y División 2
(Components: General Requirements)

SECCION IV Calderas para calefacción (Heating Boilers)

SECCION V Pruebas no destructivas (Non Destructive Examinations)

SECCION VI Reglas recomendadas para el cuidado y operación de calderas para calefacción
(Recommended Rules for Care and Operation of Heating Boilers)

SECCION VII Reglas sugeridas para el cuidado de calderas de potencia
(Recommended Rules for Care of Power Boilers)

SECCION VIII Division I: Recipientes a presión (Pressure Vessels)
Division II: Reglas alternativas para recipientes a presión (Alternative Rules for
Pressure Vessels)

SECCION IX Requisitos de soldadura (Welding Qualifications)

SECCION X Recipientes a presión de plástico reforzado y fibra de vidrio (Fiberglass
Reinforced Plastic Pressure Vessels)

SECCION XI Reglas para inspección en servicio de plantas de potencia nuclear (Rules for
Service Inspections of Nuclear Power Plants)

Habiendo mencionado las secciones de que consta el código ASME nos enfocaremos exclusivamente a la sección VIII, relativa a los recipientes sujetos a presión. La división I trata los recipientes a presión para la contención de presión ya sea interna o externa esta presión puede ser obtenida de una fuente externa, o por la aplicación de una fuente de calor directa o indirecta o cualquier combinación o éstas.

La división I esta dividida en tres subsecciones, la subsección A que consiste de la parte UG que cubre los requerimientos generales aplicables a todos los recipientes a presión, la subsección B cubre los requerimientos específicos que son aplicables a varios métodos usados en la fabricación de recipientes a presión, esta consiste de las partes UW, UF y UB que tratan los métodos de soldadura, forja y soldadura dúctil respectivamente, la subsección C cubre los requerimientos específicos aplicables a varias clases de materiales que se usan en la fabricación de recipientes a presión esta consiste de las partes UCS, UCF, UCI, UCL, UCD y UHT que tratan los aceros al carbón de baja aleación, metales no ferrosos, aceros de alta aleación, hierro fundido, material con recubrimiento integral y aplicado, hierro dúctil fundido y aceros neríticos, con propiedades controladas por tratamientos térmicos respectivamente.

11.2. Definición de términos para el diseño mecánico de los recipientes separadores vapor-líquido.

11.2.1 Presión de operación: Es la presión a la que opera un recipiente, o bien la presión máxima que puede alcanzar en operación normal.

11.2.2 Presión de diseño: Es un factor de seguridad adicional que se da sobre la presión de operación, como un factor por alteraciones probables a las condiciones normales.

Presiones de operaciones superiores a la presión atmosférica; la presión de diseño será la máxima presión de operación más un 10% ó 2 kg/cm² empleándose el valor que sea mayor. En el caso de que la presión de vapor de líquido, correspondiente a la temperatura máxima que pudiera alcanzar dicho líquido sea superior a los anteriores valores, se considerará una presión de diseño equivalente a dicha temperatura, más un 10% o 2 kg/cm² de sobrediseño, empleándose el valor que resulte mayor.

11.2.3 Presiones de operación inferior a la presión atmosférica para presiones de operación inferiores a la atmosférica, se considerará como presión de diseño el vacío total.

Presiones de operación positivas y subatmosféricas: Para el caso de recipientes que operen a presiones superiores a la atmosférica, pero que en determinadas circunstancias, aunque solo fuera momentáneamente, también operen a presiones inferiores a la atmosférica, como sería el caso de recipientes y equipos asociados a la succión de compresores, se considerarán las dos condiciones de diseño respectivas, es decir 10% sobre la presión máxima o 2 kg/cm² y vacío total.

11.2.4 Presión de operación atmosférica: No se considerará un sobrediseño sobre dicha presión para equipos que operen a estas condiciones, quedando la responsabilidad del departamento de recipientes aplicar los códigos correspondientes a éste tipo de recipientes, el diseño y fabricación de tanques atmosféricos esta regido por el American Petroleum Institute (API), bajo las siguientes normas:

- API 650 Normas para el diseño y fabricación de tanques atmosféricos para el almacenamiento del petróleo y sus derivados.
- API 620 Normas para el diseño y fabricación de tanques cilíndricos verticales apoyados sobre el suelo, con presiones interiores casi atmosféricas.

11.2.5 Temperatura de operación o de trabajo: Es aquella a la cual trabajará el recipiente en condiciones normales de servicio.

11.2.6 Temperatura de diseño: Es la temperatura correspondiente con la que se determinan los esfuerzos de los diversos materiales.

11.2.7 Temperaturas máximas de operación de -29 °C a 340 °C: La temperatura de diseño será equivalente a la máxima temperatura que puede presentarse en el recipiente, por condiciones de proceso, incrementada por un sobrediseño de 15 °C.

11.2.8 Temperaturas de operaciones inferiores a -29 °C: Se considerará como de diseño la temperatura mínima de operación esperada.

11.2.9 Temperaturas máximas de operación superiores a los 340°C: Los equipos que operen a estas condiciones serán diseñados para una temperatura igual a la máxima de operación, sin considerar ningún diseño adicional.

Espesor de pared, cuerpo y tapas:

- **Espesor requerido:** Es el espesor calculado por las fórmulas antes de sumar el espesor por corrosión.
- **Espesor de diseño:** Es la suma del espesor requerido más el necesario por corrosión.
- **Espesor nominal:** Es el espesor seleccionado entre los comercialmente disponibles y es como se suministra para la fabricación del recipiente o partes de él.
- **Esfuerzo máximo permisible:** Es el máximo esfuerzo unitario permitido para cualquier material específico que debe ser usado en las fórmulas para el diseño del recipiente.

11.2. Materiales de construcción de los recipientes separadores.

Un tratamiento detallado de todo lo concerniente a los materiales de construcción en la industria del proceso, estaría contenido en varios volúmenes, dada la información existente. En nuestro caso solo trataremos el tema como una referencia necesaria para abordar el problema del diseño mecánico en los tanques separadores, considerando que la selección del material es una disciplina independiente, que se basa no solo en aspectos mecánicos, sino en conocimientos profundos de la química y sus reacciones, la electroquímica, más algunos factores no técnicos: como disponibilidad y costo de materiales.

Por todo esto nos limitaremos a dar a conocer algunos de los materiales de construcción más utilizados, sus características y las propiedades desde un punto de vista que puedan influir en el momento de su selección.

Clasificación de los materiales.

▪ **Aleaciones ferrosas.**

Debido esencialmente a su bajo costo, el hierro y sus aleaciones ferrosas, se usan con gran frecuencia en la construcción de equipos de proceso, especialmente el acero al carbón de baja aleación, el cual tiene algunas ventajas importantes como son:

- Aceptable resistencia a la corrosión de fluidos ordinarios.
- Resistencia mecánica alta a temperaturas ordinarias.
- Dureza intermedia que facilita el corte y el maquinado.
- Facilidad para su unión por medio de soldadura en atmósfera ordinaria.

Las propiedades mencionadas, son susceptibles de ajustarse por medio de diversos tratamientos, ya sea agregando pequeñas cantidades de otros elementos como: níquel, cromo, manganeso, silicio y algunos otros. O bien con algunos tratamientos como: recocido, templado, revenido, etc., lo cuál modifica ciertas propiedades mecánicas.

▪ **Aleaciones no ferrosas.**

Con objeto de resolver algunos problemas, sobre todo de corrosión, se han introducido al mercado para la construcción de equipo de proceso, aleaciones donde el hierro no es el elemento más abundante. Los metales que aparecen en mayor cantidad son: cobre, níquel, cromo, aluminio, estaño, cinc, plomo y magnesio y en menor grado: cadmio, antimonio, bismuto, berilio, vanadio, manganeso, silicio, titanio y otros.

De las aleaciones no ferrosas, resultan importantes por su uso las siguientes: cobre-níquel, cobre-aluminio, níquel-cromo, níquel-cromo-hierro, cobre-estaño, cobre-silicio, aluminio-bronce, etc.

Después de todo, en equipo de proceso de gran tamaño, son excepcionales los casos en los que se recurre a aleaciones no ferrosas y sus aplicaciones se limitan a industrias específicas o a equipos muy especializados de proceso, en los que se cuidan especialmente los aspectos de corrosión y contaminación.

▪ **Materiales no metálicos.**

Algunos de éstos materiales casi han desaparecido de la actividad de la construcción de equipo de proceso, como la madera, el ladrillo. Otros en cambio, aumentan cada día su importancia como los plásticos, hules sintéticos, resinas reforzadas, vidrio, etc., los artículos que se fabrican en mayor proporción de éstos materiales son: tuberías y accesorios, válvulas, equipo pequeño de transporte de flujo de fluidos; todo esto para usos específicos en la industria química, de alimentos y farmacéutica, así como para empaques, recubrimientos y aislamientos.

Para la selección de este tipo de materiales y sus limitaciones de temperatura y datos de resistencia, debe de acudir directamente a datos proporcionados por fabricantes.

Influencia de la temperatura de operación.

A temperaturas ordinarias y en ausencia de problemas de corrosión el material más usual es el SA-285 Gr C, recomendado para presiones ordinarias altas.

Para temperaturas intermedias y bajas el acero utilizable es el SA-516-70 que es un acero al carbón de alta resistencia, para temperaturas intermedias y altas hasta 900 ° F (482 ° C), se recomienda usar otro acero al carbón-manganeso como el SA-515-70.

En usos criogénicos, los aceros al carbón se recomiendan hasta una temperatura de - 30 ° F (- 34 ° C) si incluyen pruebas de impacto.

También a temperaturas excesivamente altas o bajas, se usan aceros de alta aleación, entre los cuáles los inoxidable son los más conocidos. Los inoxidable tipo 304, 316 y 347 son susceptibles de utilizarse económicamente hasta temperaturas de 650 °F (343 °C) esta contracción del intervalo de uso, se debe a la aparición de aleaciones conteniendo nitrógeno que resultan más eficientes y económicas en algunas regiones entre - 320 °F y 1300 °F (- 196 °C y 704 °C) y se observan características de resistencia química semejantes a las del tipo 304 y 316.

La tabla 11.1 siguiente nos da una serie de materiales recomendados que pueden ser utilizados según las temperaturas a las que vaya a estar operando el recipiente de proceso.

Tabla 11.1

TEMPERATURA	MATERIAL RECOMENDABLE
$T > 750\text{ }^{\circ}\text{F}$	Acero baja Aleación Cr- Mo A-387 Cr- Mo A- 204
$- 20\text{ }^{\circ}\text{F} < T < 750\text{ }^{\circ}\text{F}$	Acero al carbón A- 285 Gr C
$- 21\text{ }^{\circ}\text{F} \text{ A } -30\text{ }^{\circ}\text{F}$	Acero al carbón A- 516 Gr 70, con prueba de Impacto.
$- 31\text{ }^{\circ}\text{F} \text{ A } - 90\text{ }^{\circ}\text{F}$	Acero al níquel (2.5 %) A-203 Gr A, B y C
$-91\text{ }^{\circ}\text{F} \text{ A } - 150\text{ }^{\circ}\text{F}$	Aceros al níquel (3.5 %) A- 203 Gr D y E
$- 151\text{ }^{\circ}\text{F} \text{ A } - 325\text{ }^{\circ}\text{F}$	Aceros Inoxidables
$T < - 325\text{ }^{\circ}\text{F}$	Aceros Inoxidables (9 %) tipos 405 y 410

Los materiales para la fabricación de recipientes a presión deben estar de acuerdo a las normas American Society for Testing Materials (ASTM) y estar aprobados por el código American Society of Mechanical Engineers (ASME). Las bridas no fabricadas de placa, deben estar de acuerdo a las normas American National Standard Institute (ANSI B16. 5).

A continuación en la tabla 11.2, tenemos un conjunto de datos de los materiales más frecuentemente usados de las secciones II y III del código ASME.

Tabla 11.2

ACEROS AL CARBÓN DE BAJA ALEACIÓN				
Forma	Composición Nominal	Especificación		Aplicación
		Número	Grado	
Placa		SA 283	C	Calidad estructural. Se puede usar en recipientes a presión con limitaciones, ver nota 1.
		SA 285	C	Calderas para servicio estacionario y otros recipientes a presión.
	C-Si	SA 515	55	Principalmente para temperaturas medias y altas
	C-Si	SA 515	60	Principalmente para temperaturas medias y altas
	C-Si	SA 515	65	Principalmente para temperaturas medias y altas
	C-Si	SA 515	70	Principalmente para temperaturas medias y altas
	C-Si	SA 516	55	Para temperaturas moderadas y bajas
	C-Si	SA 516	60	Para temperaturas moderadas y bajas
	C-Si	SA 516	65	Para temperaturas moderadas y bajas
C-Si	SA 516	70	Para temperaturas moderadas y bajas	
Bridas y Accesorios		SA 105	I	Para alta temperatura
		SA 181	LF1	Para servicio general
		SA 350	LF2	Para alta temperatura
Tubo		SA 53	B	Para servicio general
		SA 106	B	Para alta temperatura
Tornillo	1Cr-1/2 Mo	SA 193	B7	Para alta temperatura. Para 2 1/2" o menos
		SA 194	2H	Tuercas para alta temperatura
		SA 307	B	Tornillos de máquina para uso general

NOTAS:

1. La placa SA-283 Gr C se puede usar para equipos a presión, si se reúnen todos los siguientes requisitos.
 - A. Los recipientes no se usarán para contener sustancias letales ya sea líquidas o gaseosas.
 - B. El material no se usará en la construcción de calderas de vapor o sujetas a fuego (Ver parte U-1 (9) del código ASME)
 - C. La temperatura de diseño a la cual se usará el material debe estar entre $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$ y $650\text{ }^{\circ}\text{F}$.
 - D. Para cuerpos, cabezas y boquillas, únicamente el espesor de las placas sobre las que se aplique la soldadura que no exceda los 5/8 in de espesor.
2. Para temperaturas de servicio arriba de $850\text{ }^{\circ}\text{F}$, se recomienda que se usen aceros apagados que contengan no menos del 0.10% del silicio residual.
3. La exposición prolongada a temperaturas arriba de $800\text{ }^{\circ}\text{F}$, puede convertir la fase del carburo del acero al carbón, a grafito.
4. Únicamente los aceros apagados se pueden usar arriba de $850\text{ }^{\circ}\text{F}$.
5. No se permite arriba de $450\text{ }^{\circ}\text{F}$ y para los valores de los esfuerzos máximos permisibles de 7000 lb/in^2 .
6. El material no se puede usar arriba de 2 in de espesor.
7. Para tubos soldados, los valores de los esfuerzos máximos permisibles son 15% menos. No se permite incrementar los valores de estos esfuerzos para la realización del radiografiado.
8. Los valores de los esfuerzos usados para temperaturas debajo de $-20\text{ }^{\circ}\text{F}$ y cuando los aceros están hechos conforme al suplemento (5 del ASME) los materiales deben ser aquellos que están indicados en la columna.

Esfuerzos Máximos permisibles.

El esfuerzo máximo permisible (S), que se usa en las fórmulas para el diseño básico del cuerpo y las tapas se basa en el material usado y la máxima temperatura de trabajo del recipiente, la tabla 11.3 lista los esfuerzos máximos permisibles para varios grados comunes de placa y tubo de acero. También se muestra el valor del esfuerzo elástico mínimo y el esfuerzo mínimo a la tensión, de algunos materiales más comúnmente usados. Los valores del esfuerzo máximo permisible pueden interpolarse para temperaturas intermedias, o bien, se tomará el valor correspondiente a la temperatura inmediata superior.

Tabla 11.3

VALORES DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE PARA ALGUNOS MATERIALES MÁS COMÚNMENTE USADOS

MATERIAL ESPECIFICACIÓN No.	GRADO O TIPO	COMPOSICIÓN NORMAL	LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO ESPECIFICADO	RESISTENCIA A LA TENSIÓN MÍNIMA ESPECIFICADA	ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA EN PSI			
					-20 a 650 ° F	700 ° F	750 ° F	800 ° F
PLACA DE ACERO AL CARBON								
SA-283	C		30,000	55,000	12,600	-	-	-
SA-285 *	C		30,000	55,000	13,700	13,200	12,000	10,200
SA-516 *	70	C-Si	38,000	70,000	17,500	16,600	14,700	12,000
SA-516 *	70	C-Si	38,000	70,000	17,500	16,600	14,700	12,000
TUBERIA DE ACERO AL CARBON SIN COSTURA								
SA- 53	B		35,000	60,000	15,000	14,300	12,900	10,800
SA-106	B		35,000	60,000	15,000	14,300	12,900	10,800
SA-106	C		40,000	70,000	17,500	16,600	14,700	12,000
PLACA DE ACERO A BAJA TEMPERATURA **					-50 A 650 ° F	-160 A 650 ° F	-320 A 750 ° F	
SA-516 *	55	C-Si	30,000	55,000	13,700	-	-	
SA-203*	D	3 ½ Ni	37,000	65,000	-	16,200	-	
SA-353*		9 Ni	75,000	100,000	-	-	23,750	
PLACA DE ACERO AL CARBÓN								
SA-333	1	C	30,000	55,000	13,700	-	-	
SA-333	3	3 ½" Ni	35,000	65,000	-	16,200	-	
SA-333	8	9 Ni	75,000	100,000	-	-	23,750	

* ESTOS VALORES TAMBIEN SON APROVECHABLES PARA LAS CABEZAS PRECONSTRUIDAS.

** LA PLACA DEBE SER TRATADA TERMICAMENTE Y CUMPLIR CON LA ESPECIFICACION SA-593 ANTES DE HACERLE LA PRUEBA DE IMPACTO Y PUEDE USARE PARA BAJAS TEMPERATURAS DE SERVICIO.

Tabla 11.3 Continuación

VALORES DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE PARA ALGUNOS MATERIALES MÁS COMÚNMENTE USADOS								
MATERIAL ESPECIFICACIÓN	GRADO O	COMPOSICIÓN NORMAL	LÍMITE ELÁSTICO MÍNIMO	RESISTENCIA A LA TENSIÓN MÍNIMA	ESFUERZO MÁXIMO PERMISIBLE PARA UNA TEMPERATURA EN PSI			
No.	TIPO		ESPECIFICADO	ESPECIFICADA	-20 a150 ° F	200 ° F	300 ° F	400 ° F
PLACA DE ACERO DE ALTA RESISTENCIA ***								
SA - 517	E		100,000	115,000	28,750	27,750	26,750	26,000
PLACA DE ACERO INOXIDABLE*								
					-20 a 100 ° F	200 ° F	300 ° F	400 ° F
SA - 240	302	18 Cr - 8 Ni	30,000	75,000	18,700	17,700	16,600	16,100
SA - 240	304	18 Cr - 8 Ni	30,000	75,000	18,700	17,700	16,600	16,100
SA - 240	304 L	18 Cr - 8 Ni	25,000	70,000	15,600	15,600	15,300	14,600
SA - 240	310 S	25 Cr - 20 Ni	30,000	75,000	18,700	17,200	16,400	15,800
SA - 240	316	16 Cr - 12 Ni-2 Mo	30,000	75,000	18,700	18,700	18,300	18,00
SA - 240	316 L	16 Cr-10Ni-2 Mo	25,000	70,000	15,600	15,600	15,600	15,000
SA - 240	347	18 Cr-10 Ni- Cb	30,000	75,000	18,700	17,800	16,400	15,400
SA - 240	410	13 Cr	30,000	65,000	16,200	15,400	14,400	14,400
SA - 240	410 S	13 Cr	30,000	60,000	15,000	14,300	13,800	13,300
TUBERIA DE ACERO INOXIDABLE								
SA-312	TP304	18Cr- 8Ni	30,000	75,000	18,700	17,700	16,600	16,100
SA-312	TP304L	18Cr- 8Ni	25,000	70,000	15,600	15,600	15,300	14,600
SA-312	TP310	25Cr-20 Ni	30,000	75,000	18,700	17,200	16,400	15,800
SA-312	TP316	16Cr-12Ni-2Mo	30,000	75,000	18,700	18,700	18,300	18,000
SA-312	TP316L	16Cr-12Ni-2Mo	25,000	70,000	15,600	15,600	15,600	15,000
SA-312	TP347	18Cr-10 Ni-Cb	30,000	75,000	18,700	17,800	16,400	15,400
SA-268	TP410	13 Cr	30,000	60,000	15,000	14,300	13,800	13,300

*** ARMCC TIPO SSS-100 O EN USS ACERO TIPO T-1

11.4. Guía para la selección de los materiales de construcción de los recipientes separadores

La información contenida en este documento es un resumen de un gran número de datos de corrosión proporcionados por las industrias de proceso, y por los conocimientos obtenidos por la experiencia al instalarlos y de los resultados de resistencia a los fluidos obtenidos de los elastómeros usados .

Esta información intenta ser una guía y no una garantía de resistencia química. Así, que se debe de usar con las reservas del caso.

Clave para la clasificación de las letras:

A	Muy buena resistencia. Son los más usados comunmente.
B	Resistencia moderada. Se utiliza cuando existe una corrosión moderada.
C	Pobre resistencia a la corrosión, existe una corrosión considerable. No se recomienda
	Información insuficiente para poder establecer una recomendación

Todos los compuestos químicos listados son considerados en una solución a temperatura ambiente a menos que otra cosa se especifique

	Acero forjado	Ac. Carbón	Ac. Inox. 316	Carpenter 20	Hastelloy C	Polipropileno		Tyrl	PVC		Hypalon	Viton	Teflón
Acetaldehído	A	B	A	A	A	B		C	C		C	C	A
Acido acético al 20%	C	C	A	A	A	A		A	A		A	C	A
Acido acético al 100%	C	C	A	A	A	C		C	C		C	C	A
Anhídrido acético	C	C	A	A	A	C		C	C		A	C	A
Acetona	A	A	A	A	A	C		C	C		B	C	A
Cloruro de acetilo	C	C	B	A	A	C		C	C		C	C	A
Suspensión de carbón activado	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Silica activada	B	B	A	A	A	A		A	A		B	A	A
Sulfato de amonio y aluminio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Cloruro de aluminio	C	C	C	B	B	A		A	A		A	A	A
Fluoruro de aluminio al 20%	C	C	C		B	A		A	A		A	A	A
Suspensión hidróxido de aluminio al 5%	B	C	A	A	A	A		A	A		A	B	A
Oxalato de aluminio al 5%	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Sulfato de potasio y de aluminio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Sulfato de aluminio al 10%	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Tricloro etileno	B	B	A	A	A	C		C	C		C	A	A
Trietanolamina	B	B	A	A	A	C		C	C		A	C	A
Trementina	A	A	A	A	A	C		C	A		C	A	A
Vinagre	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Agua salada	C	C	B	B	A	A		A	A		A	A	A
Nitrato de zinc	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Sulfato de zinc	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A

	Acero forjado	Ac. Carbón	Ac. Inox. 316	Carpenter 20	Hastelloy C	Polipropileno		Tyrl	PVC		Hypalon	Viton	Teflón
Aminas	A	A	A	A	A	C		A	A		C	C	A
Carbonato de amonio	B	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Cloruro de amonio al 100%	C	C	C	B	B	A		A	A		A	A	A
Persulfato de amonio al 30%	C	C	A	A	A	A		B	A		A	A	A
Fosfato de amonio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Anilina	B	B	A	A	A	C		C	C		B	A	A
Asfalto	A	A	A	A	A			A			C	A	A
Hidróxido de bario	B	B	A	A	B	A		A	A		A	A	A
Cerveza	C	C	A	A	A	A		B	A		A	A	A
Benceno	A	A	A	A	A	C		C	C		C	B	A
Acido benzoico	C	C	A	B	A	A		A	A		C	A	A
Acido bórico	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Salmuera neutra	C	C	B	B	A	A		A	A		A		A
Butano	A	A	A	A	A	A		A	A		A	B	A
Cloruro de calcio	C	C	B	A	A	A		A	A		A	A	A
Solución de hidróxido de calcio al 5%	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Oxido de calcio	A	A	A	A	A	A		B	A		A	B	A
Trifosfato de calcio	B	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Tetracloruro de carbono	C	C	B	B	A	C		C	C		C	A	A
Cloro liquido	C	C	C	C	A	C		C	C		C	C	A
Cloro benceno	C	C	A	A	A	C		C	C		C	A	A
Acido crómico al 30%	C	C	B	B	A	A		C	A		A	A	A
Acido cromico al 50%	C	C	C	B	A	B		C	A		A	C	A
Sulfato de cobre	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Cresoles	C	C	A	A	A	C		C	C		C	A	A
Tierras diatomeas	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Dimetil amina	A	A	A	A	A	C		C	C		C	C	A
Esteres	A	A	A	A	A	C		C	C		C	C	A
Eteres	B	B	A	A	A	C		C	C		C	C	A
Alcohol etílico	B	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Etilen glicol	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Bromuro de etileno	B	B		B		C		C	C			A	A
Nitrato ferrico	C	C	A	A	B	A		A	A		A	A	A
Cloruro ferroso	C	C	C	C	B	A		A	A		A	A	A
Formaldehído	B	B	A	A	A	A		C	A		A	A	A
Freon 12	B	B	A	A	A	A		A	A		A	B	A
Jugo de frutas	C	C	A	A	A	A		A	A		B	A	A
Furfural	B	B	A	A	A	C		C	C		B	C	A
Gasolina refinada	B	A	A	A	A	C		B	A		C	A	A
Glicerina	B	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Hexano	A	B	A	A	A	C		A	B		A	A	A
Aceite hidráulico	A	A	A	A	A	C					A	A	A
Acido hidroclorhidrico al 36%	C	C	C	C	B	A		A	A		A	A	A
Acido hidrofluorhidrico al 100%	C	B	C	C	B	C		C	C		C	A	A
Peroxido de hidrogeno al 10 %	C	C	A			A		B	A		C	A	A
Tintas	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Alcohol isopropilico	B	B	A	A	A	A		B	A		A	A	A

	Acero forjado	Ac. Carbón	Ac. Inox. 316	Carpenter 20	Hastelloy C	Polipropileno		Tyrl	PVC		Hypalon	Viton	Teflón
Kerosena	A	A	A	A	A	C		A	A		C	A	A
Kontol													
Aceites lubricantes	A	A	A	A	A			C	A		B	A	A
Cloruro de magnesio	A	A	A	A	A	A		B	A		A	A	A
Hidróxido de magnesio	B	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Acido maleico	C	C	A	B	A	B		A	A		B	A	A
Cloruro de magnesio	C	C	C	B	A	A		A	A		A	A	A
Nitrato mercuroso	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Alcohol metilico	A	A	A	A	A	A		C	A		A	C	A
Leche	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Monoetanolamina	B	B	A	A	A	C		C	C		C	C	A
Napta	A	A	A	A	A	C		A	A		C	A	A
Cloruro de níquel	C	C	B	B	A	A		A	A		A	A	A
Acido nítrico al 10%	C	C	A	B	B	A		A	A		A	A	A
Acido nítrico humeante	C	C	A	A	B	C		C	C		C	C	A
Aceites y grasas animales	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Oleum	C	C	A	A	A	C		C	C		B	A	A
Pentano	A	A	A	A	A	C		A			A	A	A
Fenol	C	C	A	A	B	C		C	B		C	A	A
Carbonato de potasio	B	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Clorato de potasio	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Cromato de potasio	B	A	A	A	A	A		C	A		A	A	A
Cianuro de potasio	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Hidróxido de potasio	B	B	A	A	A	A		B	A		A	C	A
Sulfato de potasio	A	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Acido salicílico	C	C	B	A	A	A		A	A			A	A
Bicarbonato de sodio	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Bisulfato de sodio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Carbonato de sodio	B	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Cloruro de sodio	C	C	C	A	A	A		A	A		A	A	A
Dicromato de sodio	B	A	A	A	A	A		C	B		A	A	A
Ferrocianuro de sodio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Hidróxido de sodio al 50%	B	B	A	B	A	B		C	A		A	C	A
Hipoclorito de sodio	C	C	C	C	A	A		A	A		A	A	A
Nitrito de sodio	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Peroxido de sodio	B	B	A	A	A	A		B	B		A	A	A
Monofosfato de sodio	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Silicato de sodio	B	B	A	A	A	A		B	B		A	A	A
Sulfito de sodio	A	A	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Almidón	B	B	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Dióxido de azufre	A	A	A	A	A	B			A		C	C	A
Acido tanico	C	C	A	A	A	A		A	A		A	A	A
Tolueno	A	A	A	A	A	C		C	C		C	B	A

11.5. Soldadura para los recipientes separadores.

El método más generalizado para la unión de diferentes partes de un recipiente metálico es la unión soldada, las soldaduras pueden clasificarse según su forma y función en las siguientes clases:

- Soldadura de filete de ranura, de filete completo, de tapón de sellos, etc.

Por la forma de llevarla a cabo se clasifican en:

- Soldadura automática, semi-automática, de arco manual, etc.

Por su proceso:

- Soldadura con arco, con arco gas-tungsteno, con arco metal protegido, de arco metálico con gas, de arco plasma, con arco sumergido con gas por forja, con hidrógeno atómico, por inducción con oxiacetileno, con presión por resistencia térmica, etc.

La más usada en la construcción de recipientes, es la soldadura con arco, donde esta, se produce entre el electrodo y el metal base, produciendo calor que provoca la fusión del electrodo y de una pequeña porción del metal base, aquel que se encuentra próximo al arco. El electrodo esta generalmente recubierto con un fundente que al calentarse, produce gas inerte en la vecindad del arco y deposita una cubierta protectora contra la corrosión sobre el cordón de la soldadura.

La resistencia de las uniones soldadas varía según el tipo de unión, la preparación de las piezas a unir, el procedimiento para el depósito, el material depositado y aún, la seguridad que proporciona, algún procedimiento de inspección practicado sobre la pieza fabricada. Es requisito adicional, que se practique la calificación del procedimiento de soldadura y del soldador que efectuará el trabajo. Los códigos para recipientes establecen las pruebas para ambas calificaciones.

El código ASME establece algunas limitaciones y factores en el uso de las uniones soldadas aunque permite en cada caso, varias alternativas en el tipo de unión a utilizar, el relevado ó no de esfuerzos y el de adoptar determinando tipo de inspección. Se acostumbra usar uniones soldadas en vez de usar uniones bridadas, en servicios con cambios bruscos de temperatura o manejo de fluidos peligrosos.

En la tabla 11.4 siguiente se proporcionan algunas recomendaciones en el uso de diferentes formas de depósito así como las eficiencias asociadas, conforme a los procedimientos posteriores de inspección y relevado de esfuerzos.

Esta tabla incluye los casos de unión comúnmente encontrados en la industria química para placas de recipientes atmosféricos de almacenamiento y de proceso, a presión interna y externa.

TABLA 11.4 Eficiencia máxima permisible de las juntas soldadas con arco y gas.

UNION	E %	USO
Juntas a traslape con filete simple	45	Juntas cuerpo-tapa con espesores menores de 5/8". Juntas cuerpo-tapa con diámetro exterior máximo de 24" y espesor máximo de 1/4"
	50	Juntas circunferenciales con espesor máximo de 1/8" Uniones tapa cuerpo con diámetro exterior máximo de 24"
Junta a traslape con filete doble	55	Juntas longitudinales con espesores menores de 3/8". Juntas circunferenciales con espesores menores de 5/8"
Uniones a tope simples sin cinta de retención	60	Juntas circunferenciales con espesores menores de 5/8"
Uniones a tope simples con cinta de retención	65 80 § 90 +*	Juntas circunferenciales sin limitación
Uniones a tope dobles	70 85 § 100 +*	Sin limitaciones
+ Relevado de esfuerzos § Radiografiado por partes * Radiografiado total		

Selección del tipo de unión.

Para efectuar una selección completa del tipo de unión, tienen que tomarse en cuenta todas las características mencionadas arriba en relación con la fabricación, además del material de construcción y de las características de montaje y operación del equipo.

En la selección debe tomarse en cuenta entonces: tipo de unión, disposición y preparación de placas, procedimientos posteriores, característicos del cordón (continuo o intermitente), etc.

En las placas paralelas, hay dos alternativas soldaduras a tope o a traslape; si son perpendiculares se puede elegir entre una junta en "T" o una junta en ángulo.

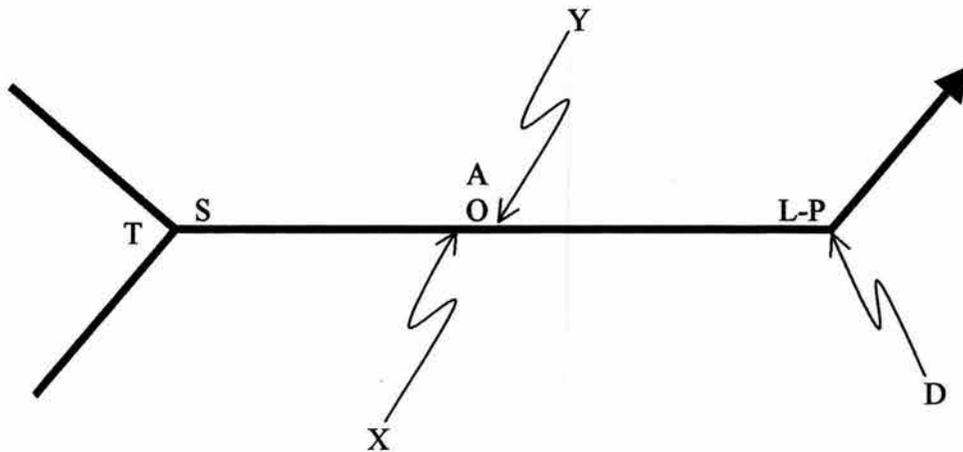
Por otro lado, si las placas no se preparan para unir las, se obtendrán uniones menos resistentes, como las uniones a tope sin bisel con o sin cinta de retención o las uniones a traslape con filete.

Si las piezas se preparan por corte o esmerilado (bisel) antes de efectuar la unión se tendrán juntas con mayor penetración y por lo tanto con mayor eficiencia. Aparecen más variedades si se practica con un doble bisel para favorecer el depósito, en placas cuyo espesor lo permita.

El primer paso para una selección, son las limitaciones del espesor que se observan en cada uno de los tipos de unión. La tabla 11.4 puede tomarse como base para estimar la eficiencia según las uniones y sus respectivos usos.

Aún dentro de cada una de éstas especificaciones generales, se puede seleccionar, un tipo específico de unión y definir sus dimensiones por lo cual es necesario recurrir a la simbología aceptada internacionalmente tal como se muestra en la figura 11.5, atendiendo a ella, las uniones pueden indicarse en forma simple, en la figura 11.6 se dan algunos ejemplos.

Además de una simbología adecuada, es necesario para la fabricación, tener disponibles hojas de especificación de estándares (Letra "T" figura 11.7) a las cuales recurrir para conocer con detalle las características de la unión.



A. Angulo de abertura del lugar del depósito.

D. Lugar y forma de efectuar el depósito.



En la obra



Soldadura circunferencial

L. Longitud del cordón en soldadura discontinua.

P. Distancia entre cordones de soldadura (a centros)

S. Tamaño de la soldadura.

T. Especificación de referencia (dibujo de detalle)

X. Soldadura del lado de la flecha (cercano)

Y. Soldadura del otro lado (alejado)

Figura. 11.5 Simbología de soldaduras.

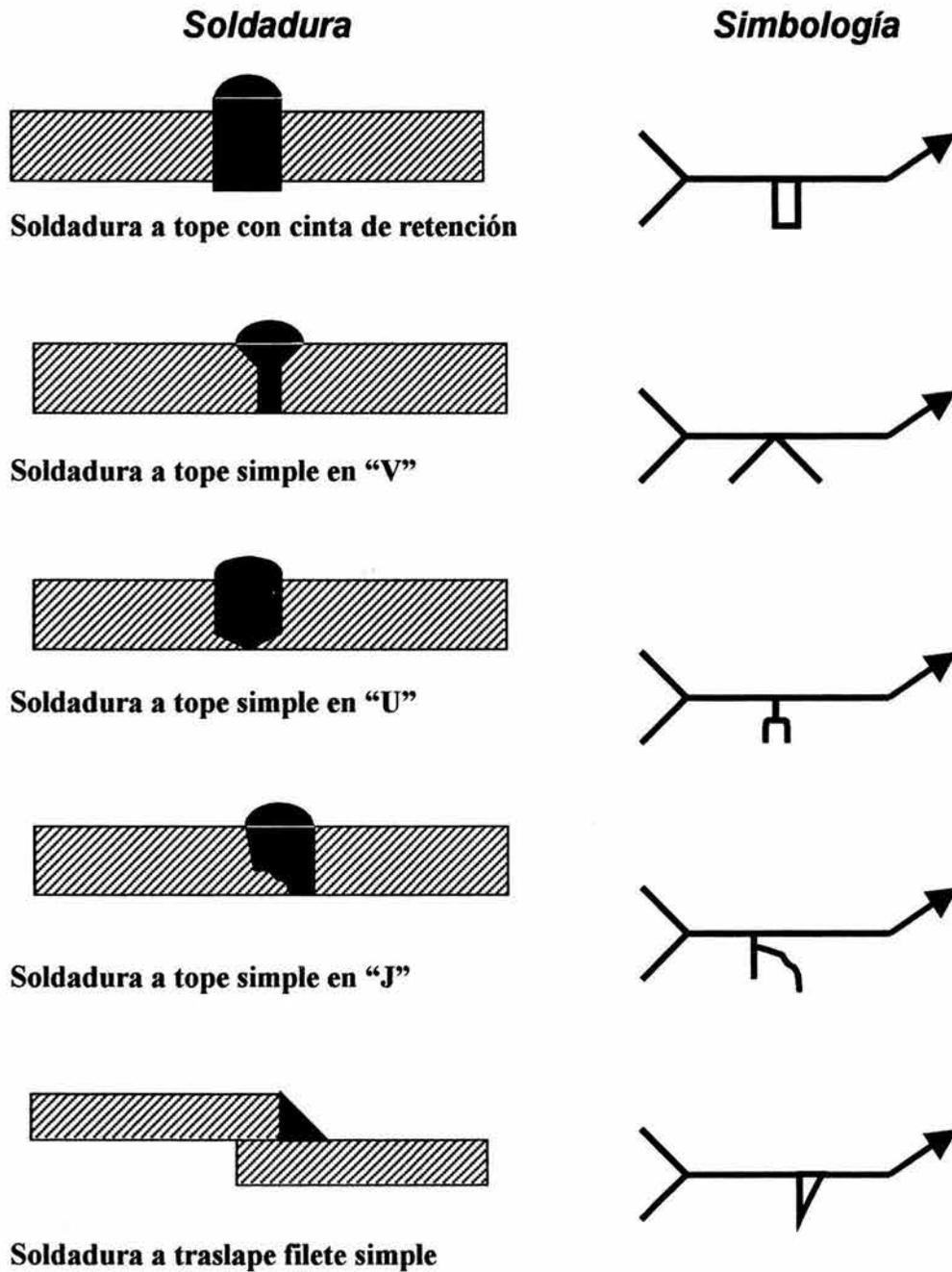


Figura. 11.6 Ejemplos de soldaduras.

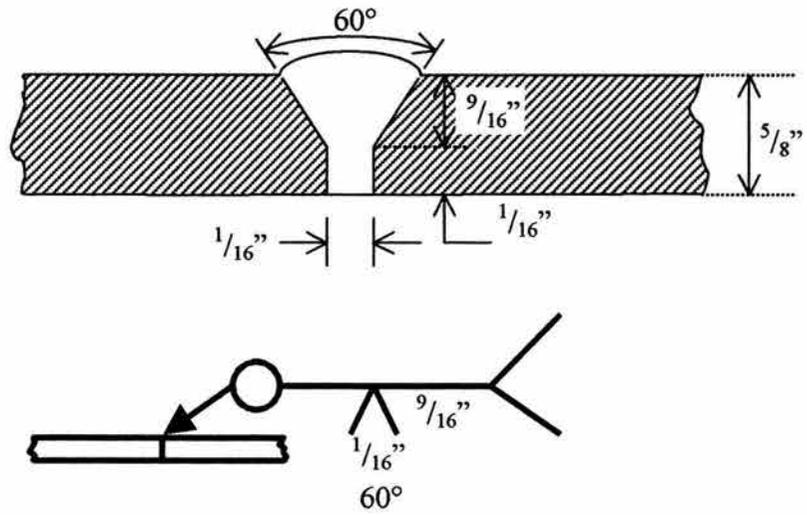


Figura. 11.7 Detalle de soldadura y simbología asociada.

11.6. Espesor de cuerpo y tapas de los recipientes separadores

- **Recipientes sometidos a presión interna**

El diseño a recipientes sometidos bajo presión interna consiste básicamente en el cálculo de los espesores de los diferentes elementos que lo forman (cabezas, cascarones y conos principalmente) basándose en general en la parte UG de la sección VIII división 1, esta parte del código nos indica formulas y caracteres que se tienen que considerar para el diseño. Estos parámetros son principalmente la presión de diseño (P) y temperatura máxima de operación (T), el esfuerzo máximo permisible (S) del material que se encuentra en las tablas de esfuerzos basándose en la temperatura de diseño y la especificación del material seleccionado. La corrosión es otro factor considerable que afecta el espesor calculado, ya que para los recipientes que están sujetos a adelgazamiento por sustancias corrosivas se le deberá aumentar el espesor de acuerdo al factor de corrosión considerado. Finalmente la eficiencia de la junta (E) definido por el tipo de radiografiado que se le hará al recipiente.

- **Calculo del espesor del cuerpo**

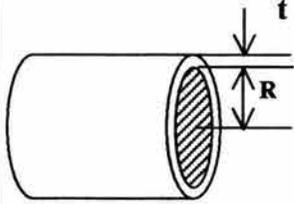
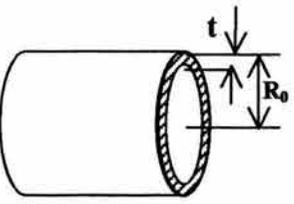
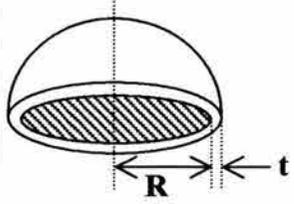
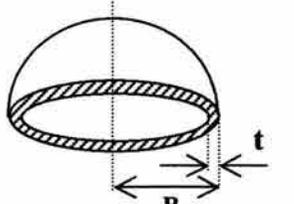
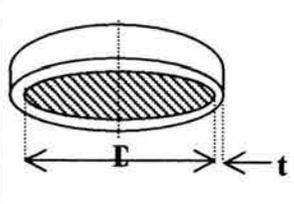
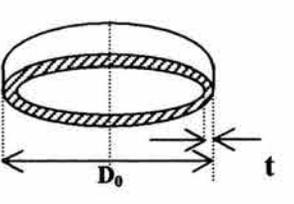
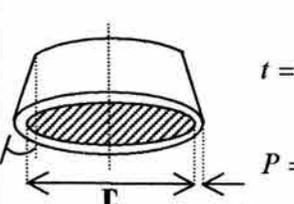
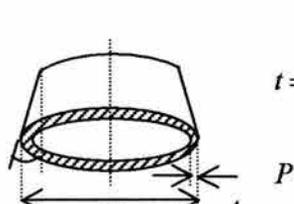
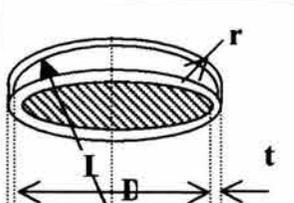
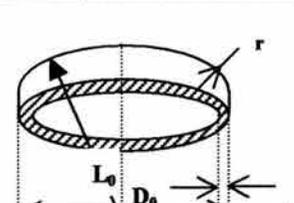
Para el diseño de cascarones sometidos a presión interna es necesario basarse en la parte UG- 27 de la sección VIII división 1, la cual, nos indica las formulas a usar en el calculo de los espesores.

- **Calculo de los diferentes tipos de tapas**

Como se ha descrito anteriormente, existen varios tipos de cabezas abombadas, así como los tipos de cabezas cónicas, el ASME en la sección VIII muestra las cabezas que son aceptadas por este código. Para otros tipos de cabezas existen también diferentes formulas de calculo para los espesores, los cuales estarán basados en el párrafo UG – 32 (Cabezas formadas con presión sobre el lado cóncavo), para el caso de las cabezas cónicas se hará un análisis si se requiere anillo de compresión; esto es basándose en las reglas del párrafo UA-5 a, b y c.

- Las formulas para calcular los espesores del cuerpo cilíndrico y diversos tipos de tapas para recipientes de procesos sometidos a presión interna, son las siguientes:

• Las fórmulas para calcular el espesor del cuerpo cilíndrico y diversos tipos de tapas para recipientes de proceso sometidos a presión interna, son las siguientes:

En términos del diámetro interno	En términos del diámetro externo
 <p data-bbox="178 646 359 674">Carcaza cilíndrica</p> $t = \frac{PR}{SE + 0.6P}$ $P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$ <p data-bbox="511 636 733 688">Fórmulas para soldadura longitudinal</p>	 <p data-bbox="763 646 945 674">Carcaza cilíndrica</p> $t = \frac{PR_0}{SE + 0.4P}$ $P = \frac{SEt}{R_0 - 0.4t}$ <p data-bbox="1070 636 1292 688">Fórmulas para soldadura longitudinal</p>
 <p data-bbox="178 934 359 987">Esferas y cabezas hemisféricas</p> $t = \frac{PR}{2SE + 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$	 <p data-bbox="748 934 929 987">Esferas y cabezas hemisféricas</p> $t = \frac{PR_0}{SE + 0.8P}$ $P = \frac{SEt}{R_0 - 0.8t}$
 <p data-bbox="178 1230 435 1262">Cabezas elipsoidales 2:1</p> $t = \frac{PD}{2SE + 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$	 <p data-bbox="748 1241 990 1272">Cabezas elipsoidales 2:1</p> $t = \frac{PD_0}{2SE + 1.8P}$ $P = \frac{2SEt}{D_0 - 1.8t}$
 <p data-bbox="178 1541 435 1572">Cono y sección cónica</p> $t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)}$ $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D + 1.2t \cos \alpha}$ <p data-bbox="485 1541 712 1572">α máximo = 30 grados</p>	 <p data-bbox="748 1541 1005 1572">Cono y sección cónica</p> $t = \frac{PD_0}{2 \cos \alpha (SE + 0.4P)}$ $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D_0 - 0.8t \cos \alpha}$ <p data-bbox="1040 1541 1267 1572">α máximo = 30 grados</p>
 <p data-bbox="450 1799 707 1852">Cabezas Flange & Dished (cabezas torisféricas)</p> $t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P}$ $P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t}$	 <p data-bbox="1010 1820 1267 1873">Cabezas Flange & Dished (cabezas torisféricas)</p> $t = \frac{PL_0M}{2SE + P(M - 0.2)}$ $P = \frac{2SEt}{ML_0 - t(M - 0.2)}$

Valores del factor M

L/r	1	1,25	1,5	1,75	2	2,75	3	3,25	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
M	1	1,03	1,06	1,08	1,1	1,17	1,18	3,25	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,36	1,39
L/r	7	7,5	8	8,5	9	10,5	11	3,25	12	13	14	15	16	16?	
M	1,41	1,44	1,45	1,48	1,5	1,56	1,58	3,25	1,62	1,65	1,69	1,72	1,75	1,77	

La máxima relación permisible: $L = D + 2 t$ (ver nota 2)

NOTA 2: cuando la L/r es mayor que $16\frac{2}{3}$ (no se construyen con la tabla anterior) y los

valores de "M" se calculan con la fórmula:
$$M = \frac{1}{4} \left[3 + \left[\frac{L}{r} \right]^{\frac{1}{2}} \right]$$

Nomenclatura

α = mitad del ángulo comprendido entre el cono y la base.

D = diámetro interno, en pulgadas.

D_0 = diámetro externo, en pulgadas.

E = eficiencia de soldadura, adimensional.

L = radio interior de abombamiento, en pulgadas.

L_0 = radio exterior de abombamiento, en pulgadas.

M = factor de diseño.

P = presión de diseño o máxima presión permisible, en psig.

R = radio interior, en pulgadas.

R_0 = radio exterior, en pulgadas.

S = esfuerzo máximo permisible, en psi.

t = espesor del cuerpo, en pulgadas.

11.7. Inspección y pruebas para los recipientes separadores.

Los materiales, fabricación y pruebas de los recipientes, estarán sujetos a supervisión por el cliente y/o su representante además de cualquier inspección indicada por los códigos usados por las autoridades locales que tengan jurisdicción sobre la instalación, la inspección del cliente y/o su representante no exonerará al fabricante o proveedor de su responsabilidad para cubrir todos los datos de la requisición y/u orden de compra.

Los inspectores del cliente tendrán libre acceso al taller del fabricante o proveedor a cualquier hora durante el desarrollo del trabajo, para reducir al mínimo los retrasos en las operaciones en fábrica.

Lo anterior incluye la inspección de placas, tapas, soportes, boquillas, accesorios, etc. desde su llegada al taller, el estudio de los reportes de las pruebas efectuadas en las plantas laminadoras y las demás operaciones incluyendo la prueba de la presión hidrostática o neumática, radiografiado en cuerpo y tapas, relevado de esfuerzos, penetración del líquido y partícula magnética etc.

También se inspeccionará visual y dimensionalmente los tanques separadores y se deberán cumplir con los códigos para diseño y fabricación, tales como el ASME, el ASTM, el API el ANSI, el AWS y códigos locales o municipales y se deberán proporcionar los reportes de inspección.

▪ Presión de prueba de hidrostática.

La presión de prueba hidrostática debe ser igual a una y media veces la presión de trabajo máxima permisible.

Cuando los valores de los esfuerzos del material del recipiente son diferentes a la temperatura del diseño y a la temperatura de prueba, la presión de prueba hidrostática debe calcularse como:

$$P_h = 1.5 * [\text{Presión máx. de trabajo ó de diseño}] * \left[\frac{\text{Esfuerzo a la temp. de prueba}}{\text{Esfuerzo a la temp. de diseño}} \right]$$

Los recipientes que tienen una presión de trabajo máxima permisible limitada por bridas, se deben probar a la presión de acuerdo al rango de las bridas como se muestra en la tabla 11.8

Tabla 11.8

Rango de presión lb /in ²	150	300	400	600	900	1500	2500
Presión de prueba lb /in ²	425	1100	1450	2175	3250	5400	9000

En todos los casos el valor de la presión máxima permisible para el cálculo de la presión de prueba hidrostática será cuando el recipiente este nuevo y frío.

- **Prueba neumática.**

La prueba neumática puede ser usada en lugar de la prueba hidrostática antes mencionada y estará de acuerdo al párrafo UG-100 del ASME y se recomienda aplicarla en los casos siguientes.

1. Para recipientes que están diseñados y/o soportados de tal manera que no se tenga la seguridad de que no puedan ser llenados con agua y sin con aire.
2. Para recipientes que no puedan secarse fácilmente y que vayan a usarse en servicios donde las huellas de la prueba con agua no pueda permitirse.

Excepto para los recipientes esmaltados para los que la presión de la prueba neumática será al menos la máxima presión de trabajo permisible, la presión de prueba neumática será al menos igual a 1.25 veces la presión máxima permisible de trabajo y se considera para él calculo de esta presión de prueba el mismo criterio que para él calculo descrito en la prueba hidrostática

- **Inspección radiográfica.**

Las juntas soldadas deberán examinarse radiográfica mente en su longitud total, de acuerdo con el método descrito en el párrafo UW-51 de la sección VIII división 1 del código ASME, bajo las reglas de este párrafo, una sección del recipiente sin costura, o cabeza, se considera como equivalente a una parte soldada de la misma geometría en el cual todas las soldaduras deben ser radiografiadas de acuerdo al código.

La prueba radiográfica es un método no destructivo que consiste en la localización e identificación de fallas internas y que consiste en hacer pasar radiaciones electrónicas a través de la parte a examinar, obteniendo sobre una película el registro del estado interno de dicho cuerpo. La división 1 de la sección VIII del código ASME, permite tres tipos de pruebas radiográficas: radiografía completa, debiéndose radiografiar todas las uniones soldadas del recipiente. Radiografías por puntos; debiéndose radiografiar únicamente los puntos de intersección de las uniones soldadas. No se radiografiara cuando no se requiera ninguna radiografía.

- **Relevado de esfuerzos.**

El calentamiento uniforme de una pieza o parte de ella a una temperatura inferior a la crítica durante un tiempo suficientemente y seguido de enfriamiento uniforme y controlado con el fin de eliminar la mayor parte de los esfuerzos residuales surgidos por el calentamiento de proceso de corte o soldadura.

Los esfuerzos se presentan en un cilindro que está sometido a una presión interna uniforme en las paredes se producen esfuerzos normales en dos direcciones principalmente, los que actúan en la dirección del eje geométrico se llaman axiales ó longitudinales y los que se presenta en la dirección perpendicular se llaman circunferenciales o tangenciales.

Se supone que estos esfuerzos actúan en un elemento como el representado y lo hacen en el plano de la pared del cilindro como se muestra en la figura 11.8

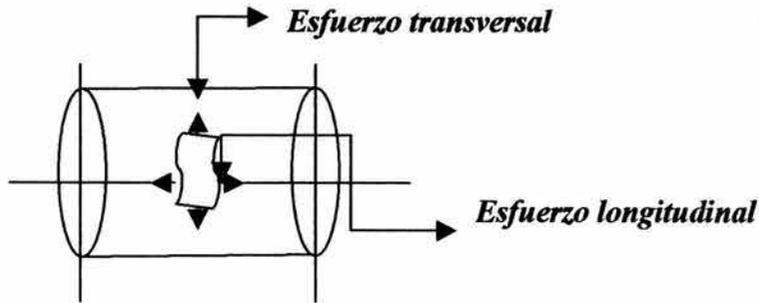


Figura 11.8, muestra los esfuerzos principales cuando un cilindro se encuentra sujeto a una presión interna

- **Inspección de la partícula magnética.**

Es un método de detección de grietas ó discontinuidades del material, sobre la superficie ó cerca de esta en materiales como el hierro ó aleaciones magnéticas del acero. Consiste en aprovechar las propiedades magnéticas del material, aplicando partículas imantadas finamente divididas que forman patrones indicativos de la discontinuidad del material.

Todas las soldaduras, incluyendo las de fijación de partes no sujetas a presión de aceros tratados térmicamente y cubiertos por esta norma, deberán ser inspeccionados por el método de la partícula magnética después de la prueba hidrostática, excepto aquellas superficies no accesibles, las que se deberán inspeccionar con este método en el último paso factible de la fabricación del recipiente. Deberá usarse el método de magnetización que evite los arcos eléctricos.

- **Inspección con líquido penetrante:**

Es un método de inspección no destructivo utilizado para detectar fallas sobre la superficie del material las fallas típicas detectables por este método son: Grietas, fracturas, astillas y porosidades.

Todos los depósitos de soldadura en capas resistentes a la corrosión deberán examinarse por el método de líquido penetrante.

Todas las soldaduras de acero de aleación austenítica al cromo – níquel, mayor de 19 mm (3/4"), y todas las soldaduras a tope o de filete de acero con 36% Ni, sin importar el espesor, deberán inspeccionarse por el método de líquido penetrante para detectar fisuras o grietas. Esta inspección deberá hacerse después del tratamiento térmico, si éste método hay que efectuarlo. Todas las grietas o fisuras deberán eliminarse con un método alternativo aceptable a la inspección por partícula magnética, o cuando este último método no sea factible por el carácter no magnético del depósito de la soldadura se deberá usar el método de inspección con líquido penetrante.

11.9 Diseño de silletas soporte para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido.

Esfuerzo en recipientes horizontales grandes soportados por silletas

Los métodos de diseño de los soportes para recipientes horizontales se basan en el análisis presentado en 1951 por L.P., Zick. El ASME publicó el trabajo de Zick (Pressure Vessel and Piping Design) como práctica recomendada. La norma 2510 del API hace referencia también al análisis de Zick. La norma británica 1515 adoptó este método con ligeras modificaciones y mayor refinamiento. El trabajo de Zick se ha usado también en diferentes estudios publicados en libros y en revistas técnicas.

El método de diseño de este Manual se basa en análisis revisado que se ha mencionado. (Pressure Vessel and Piping; Design and Analysis, ASME, 1972).

Un recipiente horizontal montado sobre soportes de silleta actúa como una viga, con las siguientes diferencias:

1. Las condiciones de carga son diferentes para el recipiente total o parcialmente lleno.
2. Los esfuerzos sobre el recipiente varían según el ángulo formado por las silletas.
3. La carga del recipiente sólo se combina con las demás cargas.

▪ Cargas

1. *Reacción de las silletas.* La práctica recomendada es diseñar el recipiente para una carga completa de agua por lo menos.
2. *Presión interna.* Como el esfuerzo longitudinal sobre el recipiente es de la mitad del esfuerzo circunferencial, la mitad del espesor de la placa que se usa es suficiente para resistir la carga del peso.
3. *Presión externa.* Si el recipiente para vacío completo no se diseña por considerar que el vacío ocurriría sólo ocasionalmente, debe instalarse una válvula de alivio de vacío, especialmente cuando la descarga del recipiente esté conectada a una bomba.
4. *Carga de viento.* Los recipientes largos con relaciones pequeñas t/r están sujetos a deformación por presión del viento. Según Zick “la experiencia indica que un recipiente diseñado para presión externa de 1 lb/pulg^2 puede resistir satisfactoriamente las cargas externas que se presenten en el servicio normal”.
5. *Cargas de impacto.* La experiencia demuestra que, durante el embarque, se producen cargas del impacto difícilmente estimables que pueden dañar los recipientes. Al diseñar el ancho de las silletas y los tamaños de las soldaduras, debe tomarse en cuenta esta circunstancia.

▪ Ubicación de las silletas

Desde los puntos de vista estático y económico, se prefiere el uso de dos silletas únicamente a diferencia del sistema de varios soportes, y esto es válido aun cuando sea necesario usar anillos atiesadores. La ubicación de las silletas la determina a veces la situación de aberturas, resumideros, etc., en el fondo del recipiente. Si no es tal el caso, las silletas pueden situarse en los puntos estáticamente óptimos. Los recipientes de pared delgada y diámetro grande se soportan mejor cerca de las cabeceras, para utilizar el efecto atiesador de las mismas. Respecto a los recipientes largos de pared gruesa, se aconseja soportarlos en donde el esfuerzo flexionante máximo longitudinal sobre las silletas sea casi igual al esfuerzo sobre la mitad del claro. Este punto varía con el ángulo de contacto de las silletas. La distancia entre la línea tangente a la cabeza y la silleta, en ningún caso debe ser mayor de 0.2 veces la longitud del recipiente, (L).

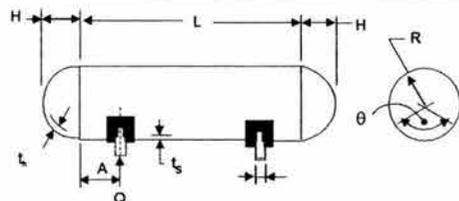
▪ Angulo de contacto θ

El ángulo de contacto mínimo sugerido por el Código ASME es de 120° , excepto recipientes muy pequeños. (Apéndice al Código G-6) Para cilindros sin atiesamiento sujetos a presión externa, el ángulo de contacto está limitado a 120° por las normas ASME. (UG-29).

Los recipientes soportados por silletas están sujetos a:

1. Esfuerzo flexionante longitudinal
2. Esfuerzo cortante tangencial
3. Esfuerzo circunferencial

ESFUERZO EN RECIPIENTES CON DOS SILLETAS



NOTACIÓN:
 Todas las dimensiones en pulgadas
 Q = Carga sobre una silleta, lb
 R = Radio del casco
 S = Esfuerzo, lb/pulg²
 L = Espesor de pared del casco
 t_s = Espesor de pared de las cabezas (sin margen por corrosión)
 K = Constante, ver página posterior
 θ = Angulo de contacto de la silleta, grados

Esfuerzo	Condiciones	El esf. máx. se presenta	FORMULAS	Esfuerzo máximo permitido
FLEXION LONGITUDINAL	CASCO ATIESADO POR CABEZA O ANILLOS O CASCO SIN ATIEZAR	EN LAS SILLETAS (Tensión en parte sup., compresión en la inf.)	$S_1 = \pm \frac{QA \left(1 - \frac{A}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2AL} \right)}{KR^2 t_s}$ <p>*Ver nota en la página siguiente.</p>	A la tensión, la suma de S ₁ y el esfuerzo debido a la presión interna, (PR/2t), no debe ser mayor que el esfuerzo permitido del material del casco multiplicado por la eficiencia de la costura circunferencial. A compresión el esfuerzo debido a la presión interna menos S ₁ , no debe ser mayor que la mitad del punto de fluencia a compresión del material o que el valor dado por:
		EN LA MITAD DEL CLARO (Tensión en parte inf., compresión en la sup.)	$S_1 = \pm \frac{QL \left(\frac{1 + 2 \frac{R^2 - H^2}{L^2} - \frac{4A}{L}}{1 + \frac{4H}{3L}} \right)}{\pi R^2 t_s}$	$S_1 < \left(\frac{E}{29} \right) \left(\mu R \left[2 - \left(\frac{2}{3} \right) \left(\frac{L}{R} \right) \right] \right)$
ESFUERZO CORTANTE TANGENCIAL	Silletas a una dist. de la cabeza A > R/2, Ver Nota	EN EL CASCO	$S_2 = \frac{K_2 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2A}{L + \frac{4}{3} H} \right)$	S ₂ no debe exceder en más de 0.8 veces el esfuerzo permitido del material del recipiente.
		EN EL CASCO	$S_2 = \frac{K_3 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2A}{L + \frac{4}{3} H} \right)$	
	Silletas próximas a la cabeza A ≤ R/2	EN EL CASCO	$S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_s}$	S ₂ más el esfuerzo debido a la presión interna no debe exceder en más de 1.25 veces el esfuerzo a tensión permitido para el material de la cabeza.
		EN LA CABEZA	$S_2 = \frac{K_4 Q}{R t_h}$	
CIRCUNFERENCIAL	L ≥ 8R	SIN ATIESAR	$S_4 = \frac{Q}{4t_s \left(b + 1.56 \sqrt{R t_s} \right)} - \frac{3K_6 Q}{2t_s^2}$	S ₄ no debe ser mayor de 1.50 veces el valor de esfuerzo a la tensión permitido del material del casco.
			$S_4 = \frac{Q}{4t_s \left(b + 1.56 \sqrt{R t_s} \right)} - \frac{12K_6 Q}{2t_s^2}$	
	L < 8R	EN EL CUERNO DE LA SILUETA	$S_5 = \frac{K_7 Q}{t_s \left(b + 1.56 \sqrt{R t_s} \right)}$	S ₅ no debe ser mayor de 0.5 veces el punto de fluencia a compresión del material del casco.
	Atiesado o sin atiesar	EN LA PARTE INF. DE LA SILLETA	$S_5 = \frac{K_7 Q}{t_s \left(b + 1.56 \sqrt{R t_s} \right)}$	

ESFUERZOS EN RECIPIENTES CON DOS SILLETAS

ESFUERZO	<p>NOTAS:</p> <p>Los valores positivos indican esfuerzos de tensión y los negativos de compresión.</p> <p>E = Módulo de elasticidad del material del casco o del anillo de atiesamiento, lb/pulg².</p>
FLEXION LONGITUDINAL	<p>El esfuerzo flexionante máximo S_1 puede ser de tensión o de compresión. Al calcular el esfuerzo de tensión, en la fórmula para S_1 deben usarse los valores de K_1 para el factor K.</p> <p>Al calcular el esfuerzo de compresión, en la fórmula para S_1 deben usarse los valores de K_2 para el factor K. Cuando el caso tiene atiesadores, $K = 3.14$ en la fórmula para S_1.</p> <p>El esfuerzo de compresión no es factor de importancia en un recipiente de acero en el que $t/R \geq 0.005$, y el recipiente se diseña para soportar el máximo esfuerzo por presión interna.</p>
ESFUERZO CORTANTE TANGENCIAL	<p>Si se usa placa de desgaste, en las fórmulas para S_2 puede tomarse el espesor t, como la suma de los espesores del casco y de la placa de desgaste, siempre que ésta llegue $R/10$ pulgadas arriba del cuerno de la silleta cerca de la cabeza y se extienda entre silleta y un anillo atiesador adyacente.</p> <p>En un casco no atiesado el esfuerzo cortante máximo ocurre en el cuerno de la silleta. Cuando se aprovecha la rigidez de la cabeza para situar las silletas cerca de las cabezas, el esfuerzo cortante tangencial puede originar un esfuerzo adicional (S_3) en las cabezas. Este esfuerzo debe sumarse al esfuerzo que obra en las cabezas debido a la presión interna.</p> <p>Cuando se usan anillos atiesadores, el esfuerzo cortante máximo ocurre en el ecuador.</p>
CIRCUNFERENCIAL	<p>Si se usa placa de desgaste, en las fórmulas para S_4 puede tomarse el espesor t, como la suma del espesor del casco y el de la placa de desgaste, y para t^2, puede tomarse el espesor del casco elevado al cuadrado más el espesor de la placa de desgaste elevado al cuadrado, siempre que la placa de desgaste se extienda $R/10$ pulgadas arriba del cuerno de la silleta, y que $A \leq R/2$. El esfuerzo circunferencial combinado sobre el borde superior de la placa de desgaste debe verificarse.</p> <p>Al verificar en este punto: t = espesor del casco b = ancho de silleta θ = ángulo central de la placa del desgaste, pero no mayor que el ángulo abarcado por la silleta más 12°.</p> <p>Si se usa placa de desgaste, en las fórmulas para S_5 puede tomarse el espesor t, como la suma de espesor del casco y de la placa de desgaste, siempre que el ancho de la placa de desgaste sea por lo menos igual a $b + 1.56\sqrt{Rt}$.</p> <p>Si el casco no está atiesado, el esfuerzo máximo ocurre en el cuerno de la silleta. Este esfuerzo no debe sumarse al esfuerzo por presión interna.</p> <p>En un casco atiesado la máxima compresión de anillo ocurre en la parte inferior del casco. Utilice un anillo atiesador si el esfuerzo flexionante circunferencial es mayor que el esfuerzo máximo permitido.</p>

ESFUERZO EN RECIPIENTES HORIZONTALES APOYADOS EN DOS SILLETAS

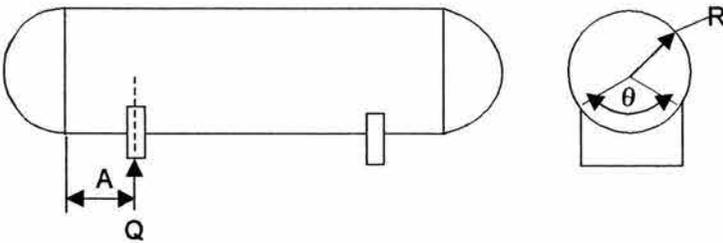
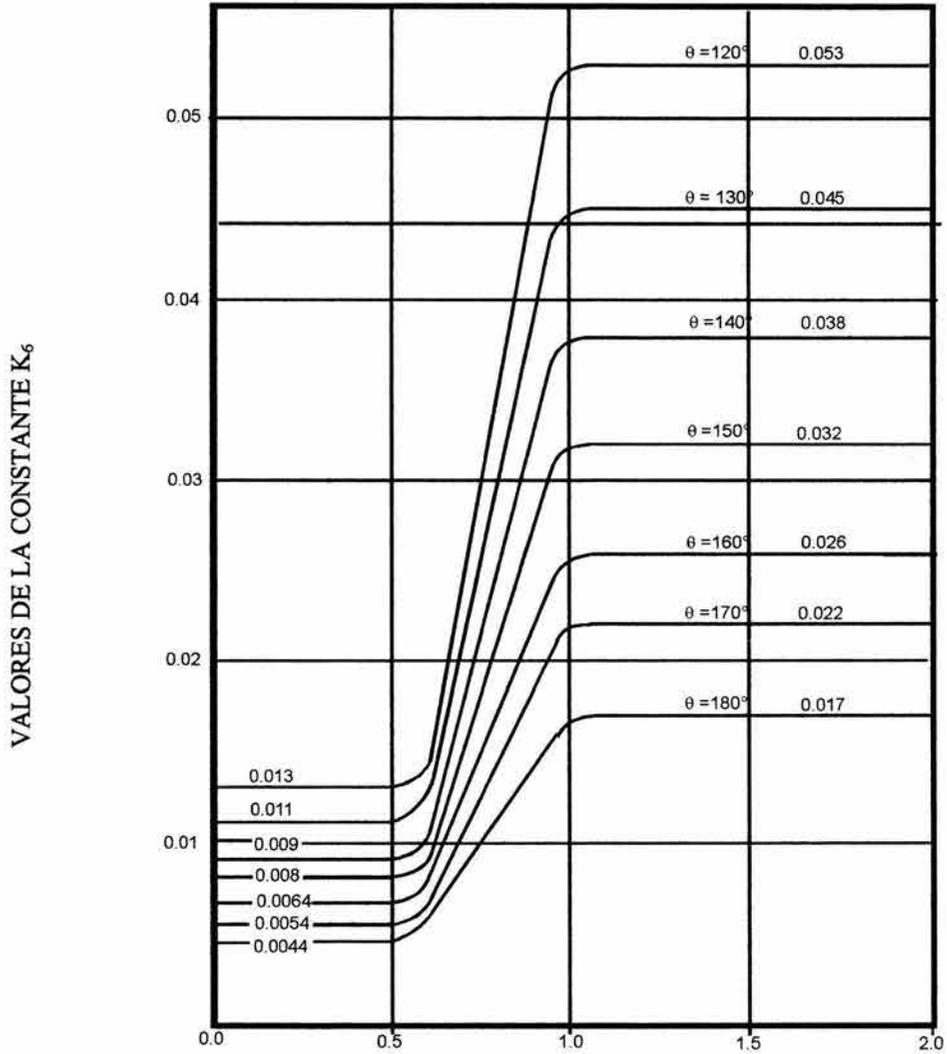
VALORES DE LA CONSTANTE K (Para valores intermedios es necesario interpolar)

*K₁ = 3.14 el casco está atiesado por anillo o cabecera (A < R/2)

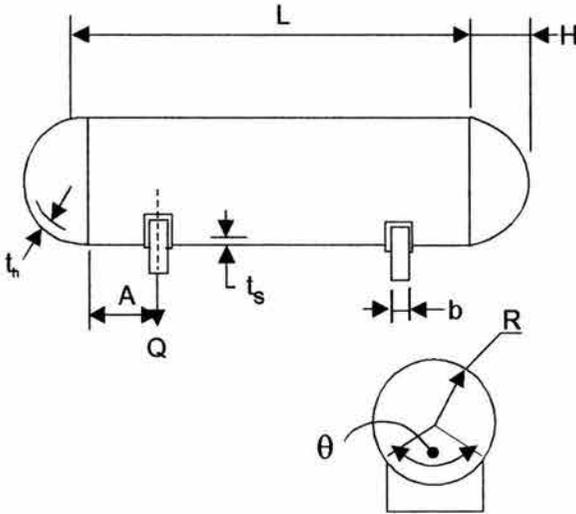
ANGULO DE CONTACTO θ	K ₁ *	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
120	0.335	1.171		0.880	0.401		0.760	0.603
122	0.345	1.139		0.846	0.393		0.753	0.618
124	0.355	1.108		0.813	0.385		0.746	0.634
126	0.366	1.078		0.781	0.377		0.739	0.651
128	0.376	1.050		0.751	0.369		0.732	0.669
130	0.387	1.022		0.722	0.362		0.726	0.689
132	0.398	0.996		0.694	0.355		0.720	0.705
134	0.409	0.971		0.667	0.347		0.714	0.722
136	0.420	0.946		0.641	0.340		0.708	0.740
138	0.432	0.923		0.616	0.334		0.702	0.759
140	0.443	0.900	0.319	0.592	0.327	Ver la gráfica de la página correspondiente	0.697	0.780
142	0.455	0.879	Para cualquier ángulo de contacto θ	0.569	0.320		0.692	0.796
144	0.467	0.858		0.547	0.314		0.687	0.813
146	0.480	0.837		0.526	0.308		0.682	0.831
148	0.492	0.818		0.505	0.301		0.678	0.853
150	0.505	0.799		0.485	0.295		0.673	0.876
152	0.518	0.781		0.466	0.289		0.669	0.894
154	0.531	0.763		0.448	0.283		0.665	0.913
156	0.544	0.746		0.430	0.278		0.661	0.933
158	0.557	0.729		0.413	0.272		0.657	0.954
160	0.571	0.713		0.396	0.266		0.654	0.976
162	0.585	0.698		0.380	0.261		0.650	0.994
164	0.599	0.683		0.365	0.256		0.647	1.013
166	0.613	0.668		0.350	0.250		0.643	1.033
168	0.627	0.654		0.336	0.245		0.640	1.054
170	0.642	0.640		0.322	0.240	0.637	1.079	
172	0.657	0.627		0.309	0.235	0.635	1.097	
174	0.672	0.614		0.296	0.230	0.632	1.116	
176	0.687	0.601		0.283	0.225	0.629	1.137	
178	0.702	0.589		0.271	0.220	0.627	1.158	
180	0.718	0.577		0.260	0.216	0.624	1.183	

**ESFUERZO EN GRANDES RECIPIENTES HORIZONTALES
SOPORTADOS POR DOS SILLETAS.**

VALORES DE LA CONSTANTE K_6



**11.10 EJEMPLO DE CÁLCULO DE SILLETAS SOPORTE PARA UN RECIPIENTE SEPARADOR HORIZONTAL
ESFUERZO EN RECIPIENTES HORIZONTALES GRANDES
APOYADOS EN DOS SILLETAS**



Datos de diseño

A = 48 pulg, distancia de la línea de tangencia de la cabeza al centro de la silleta
 b = 24 pulg, ancho de la silleta
 H = 21 pulg, profundidad de la concavidad de la cabeza
 L = 960 pulg, longitud del recipiente, tangente a tangente
 P = 250 lb/pulg², presión, presión interna de diseño
 Q = 300,000 lb, carga sobre una silleta
 R = 60 pulg, radio exterior del casco
 ts = 1.00 pulg, espesor del casco
 θ = 120 grados ángulo de contacto
 Material del casco: placa SA 515-70
 Valor de esfuerzo permitido: 17,500 lb/pulg²
 Punto de cedencia: 38,000 lb/pulg²
 Eficiencia de junta 0.85

ESFUERZO FLEXIONANTE LONGITUDINAL (S_l)

Esfuerzo en las silletas

$$S_l = \frac{QA \left(1 - \frac{A + R^2 - H^2}{L} - \frac{2AL}{01 + \frac{4H}{3L}} \right)}{K_l R^2 t_s} = \frac{300,000 \times 48 \left(1 - \frac{48 + 60^2 - 21^2}{960} - \frac{2 \times 48 \times 960}{1 + \frac{4 \times 21}{3 \times 960}} \right)}{0.335 \times 60^2 \times 1} = 522 \text{ lb/pu lg}^2$$

Esfuerzo a la mitad del claro

$$S_l = \frac{\frac{QL}{4} \left(\frac{1 + 2 \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4H}{3L}} - \frac{4A}{L} \right)}{\pi R^2 t_s} = \frac{\frac{300,000 \times 960}{4} \left(\frac{1 + 2 \frac{60^2 - 21^2}{960^2}}{1 + \frac{4 \times 21}{3 \times 960}} - \frac{4 \times 48}{960} \right)}{3.14 \times 60^2 \times 1} = 4959 \text{ lb/pu lg}^2$$

Esfuerzo debido a la presión interna: $\frac{PR}{2t_s} = \frac{250 \times 60}{2 \times 1} = 7500 \text{ lb/pu lg}^2$

Suma de los esfuerzos de tensión: 4959 + 7500 = 12,549 lb/pulg²

La sumas no es mayor que el valor del esfuerzo en la costura circunferencial: 17,500 × 0.85 = 14.875 lb/pulg²

El esfuerzo de compresión no es factor, en vista de que t/R > 0.005; 1/60 = 0.017

**11.10 EJEMPLO DE CÁLCULO DE SILLETAS SOPORTE PARA UN RECIPIENTE SEPARADOR HORIZONTAL
(CONTINUACIÓN)**

**ESFUERZO EN RECIPIENTES HORIZONTALES
GRANDES APOYADOS EN DOS SILLETAS**

ESFUERZO CORTANTE TANGENCIAL (S_2)

Como $A(48) > R/2(60/2)$, la fórmula aplicable es:

$$S_2 = \frac{K_2 Q}{R t_s} \left(\frac{L - 2A}{L + 4/3H} \right) = \frac{1.171 \times 300,000}{60 \times 1} \left(\frac{960 - 2 \times 48}{960 + 4/3 \times 21} \right) = 5,120 \text{ lb/pulg}^2$$

S_2 no es mayor que el valor de esfuerzo del material del casco multiplicado por 0.8; $17,500 \times 0.8 = 14,000 \text{ lb/pulg}^2$

ESFUERZO CIRCUNFERENCIAL

Esfuerzo en el cuerno de la silleta (S_4)

Como $L(960) > 8R(480)$ y $A(48) > R/2(60/2)$, la fórmula aplicable es:

$$S_4 = - \frac{Q}{4t_s(b + 1.56\sqrt{Rt_s})} - \frac{3K_6Q}{2t_s^2}$$

$A/R = 48/60 = 0.8$; $K = 0.036$ (de la gráfica)

$$S_4 = - \frac{300,000}{4 \times 1(24 + 1.56\sqrt{60 \times 1})} - \frac{3 \times 0.036 \times 300,000}{2t} = -18,279 \text{ lb/pulg}^2$$

S_4 No es mayor que el valor del esfuerzo del material del casco multiplicado por 1.5: $17,500 \times 1.5 = 26,250 \text{ lb/pulg}^2$

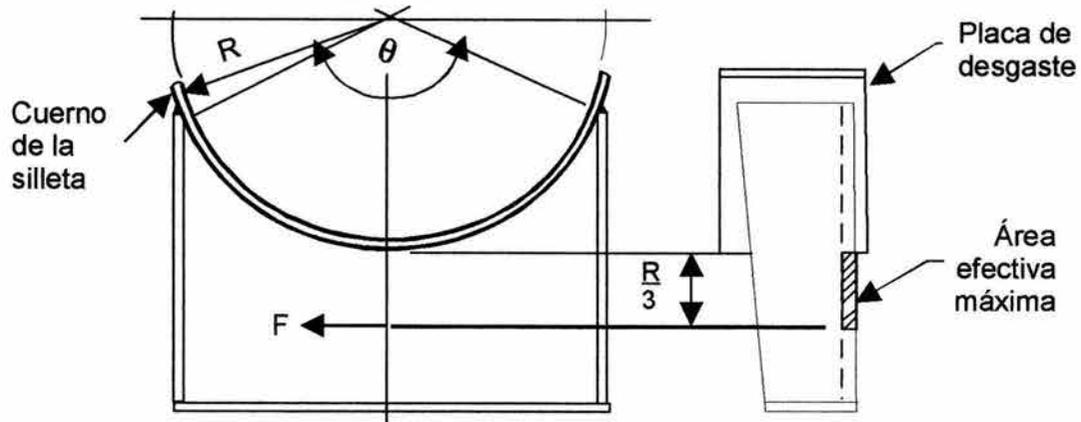
Esfuerzo en la parte inferior del casco (S_5)

$$S_5 = - \frac{K_7Q}{t_s(b + 1.56\sqrt{Rt_s})}$$

$$S_5 = - \frac{0.760 \times 300,000}{1(24 + 1.56\sqrt{60 \times 1})} = -6,319 \text{ lb/pulg}^2$$

S_5 no es mayor que el punto de cedencia por compresión multiplicado por 0.5; $38,000 \times 0.5 = 19,000 \text{ lb/pulg}^2$

DISEÑO DE SILLETAS



1. En su sección más baja, la silleta debe resistir la fuerza horizontal (F). La sección transversal eficaz de la silleta que resiste esta carga es igual a la tercera parte del radio del recipiente (R)

$$F = K_{11}Q \text{ En donde: } Q = \text{carga sobre una silleta, lb}$$

$$K_{11} = \text{constante (tabulada)}$$

El esfuerzo medio no debe ser mayor de dos tercios del esfuerzo a la tensión permitido del material (ver ejemplo a continuación).

VALORES DE LA CONSTANTE K_{11}

Angulo de contacto, θ	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
K_{11}	.204	.222	.241	.259	.279	.298	.318

EJEMPLO:

Diámetro del recipiente = 8' - 6"

Peso del recipiente: 375,000 lb

$Q = 187,500$ lb

Material de la silleta: SA 285 C

Espesor de la placa del alma = 0.25 pulg

Angulo de contacto = 120°

$K_{11} = 0.204$, de la tabla anterior

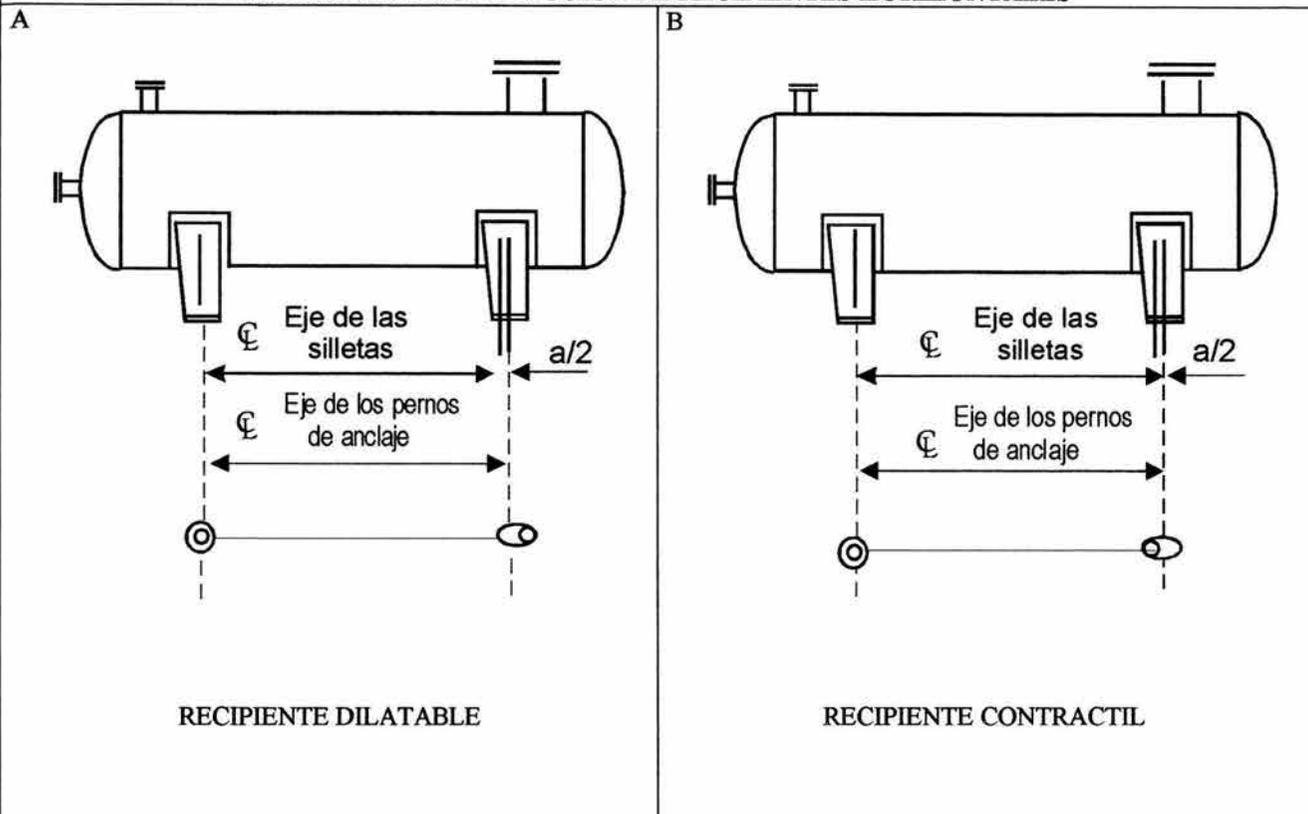
$R/3 = 51/3 = 17$ pulgadas

Fuerza, $F = K_{11} \times 187,500 = 9,166$ lb/pulg²

El espesor de la placa del alma es satisfactorio para la fuerza horizontal (F)

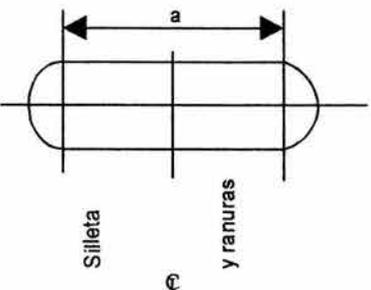
2. La placa de base y la de desgaste deben tener suficiente espesor para resistir la flexión longitudinal sobre el alma.
3. La placa del alma debe reforzarse con nervaduras contra el pandeo.

EXPANSIÓN Y CONTRACCIÓN DE RECIPIENTES HORIZONTALES



Para absorber la expansión y contracción térmica, debe permitirse el movimiento de una de las silletas, de preferencia la del lado opuesto al de las conexiones de tubería. En dicha silleta deben usarse ranuras en vez de agujeros circulares para los tornillos de anclaje. La longitud de las ranuras debe determinarse por la magnitud esperada del movimiento. El coeficiente de dilatación lineal para el acero al carbono por unidad de longitud y por grado F es igual a 0.0000067. La tabla siguiente indica la longitud mínima de la ranura. La dimensión "a" está calculada para la dilatación lineal de acero al carbono entre 70°F y la temperatura indicada. Cuando la variación de la distancia entre las silletas sea mayor de 3/8", debe usarse una placa de apoyo para deslizamiento. Cuando el recipiente está apoyado en silletas de concreto, debe instalarse una hoja de material elástico a prueba de agua, de 1/4" de espesor por lo menos, entre el casco y la silleta.

LONGITUD MÍNIMA DE LA RANURA (DIM. "a")

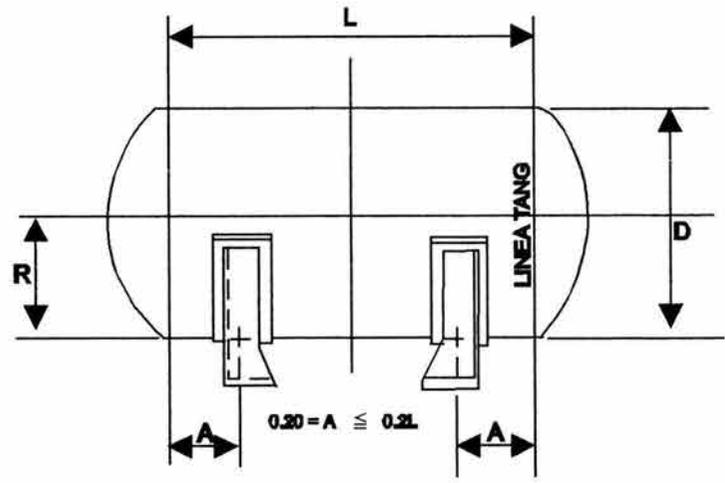
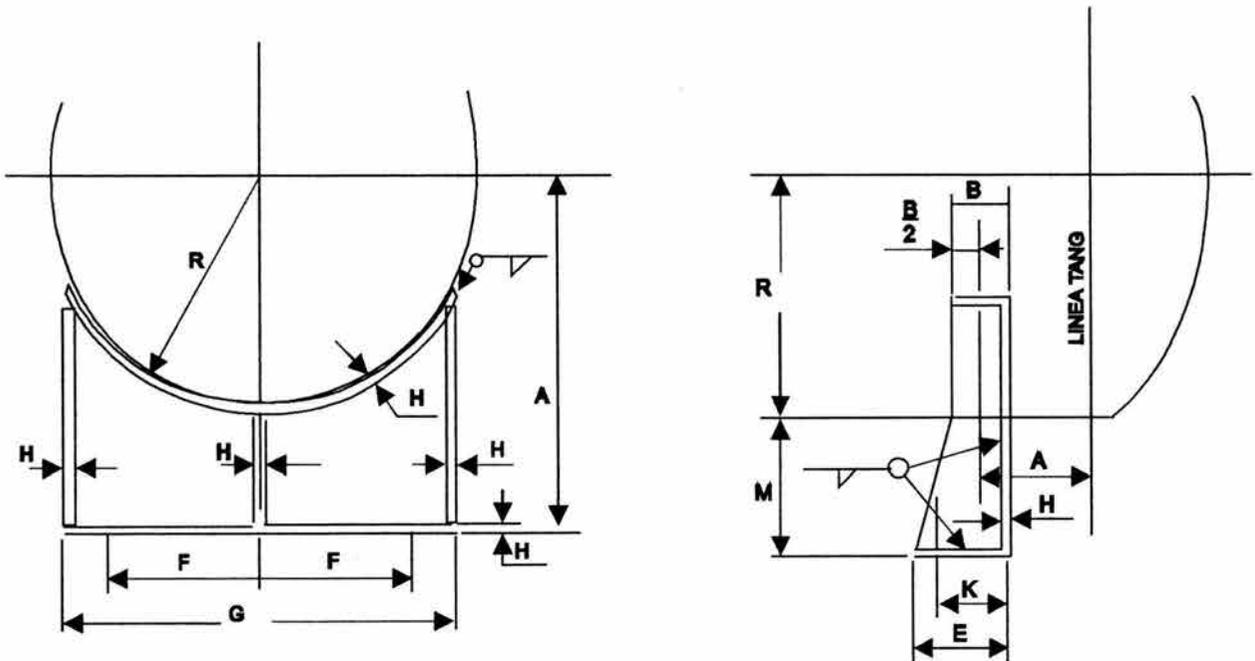
	DISTANCIA ENTRE SILLETAS, PIES	PARA LA TEMPERATURA EN °F									
		-50	100	200	300	400	500	600	700	800	900
	10	0	0	0	1/4	3/8	3/8	1/2	5/8	3/4	3/4
	20	0	0	1/4	3/8	5/8	3/4	1	1-1/8	1-1/4	1-3/8
	30	1/4	1/8	3/8	5/8	7/8	1-1/8	1-3/8	1-5/8	1-5/8	2
	40	1/4	1/8	3/8	3/4	1-1/8	1-1/2	1-7/8	2-1/8	2-3/8	2-1/2
	50	3/8	1/4	1/2	1	1-3/8	1-5/8	2-1/4	2-5/8	3	3-3/8
	60	3/8	1/4	5/8	1-1/4	1-5/8	2-1/8	2-3/4	3-1/8	3-5/8	4-1/8
	70	1/2	1/4	3/4	1-3/8	1-7/8	2-1/2	3-1/8	3-5/8	4-1/4	4-5/8
	80	1/2	3/8	3/4	1-1/2	2-1/8	2-7/8	3-5/8	4-1/8	4-7/8	5-3/8
	90	5/8	3/8	7/8	1-3/4	2-3/8	3-1/4	4	4-5/8	5-3/8	6
	100	5/8	3/8	1	1-7/8	2-5/8	3-5/8	4-1/2	5-1/8	6	6-5/8

I ancho de la ranura es igual al diámetro del perno de anclaje + 1/4".

SOPORTES PARA RECIPIENTES HORIZONTALES

TIPO DE SILLETA RECIPIENTES DE 6" A 20" ϕ

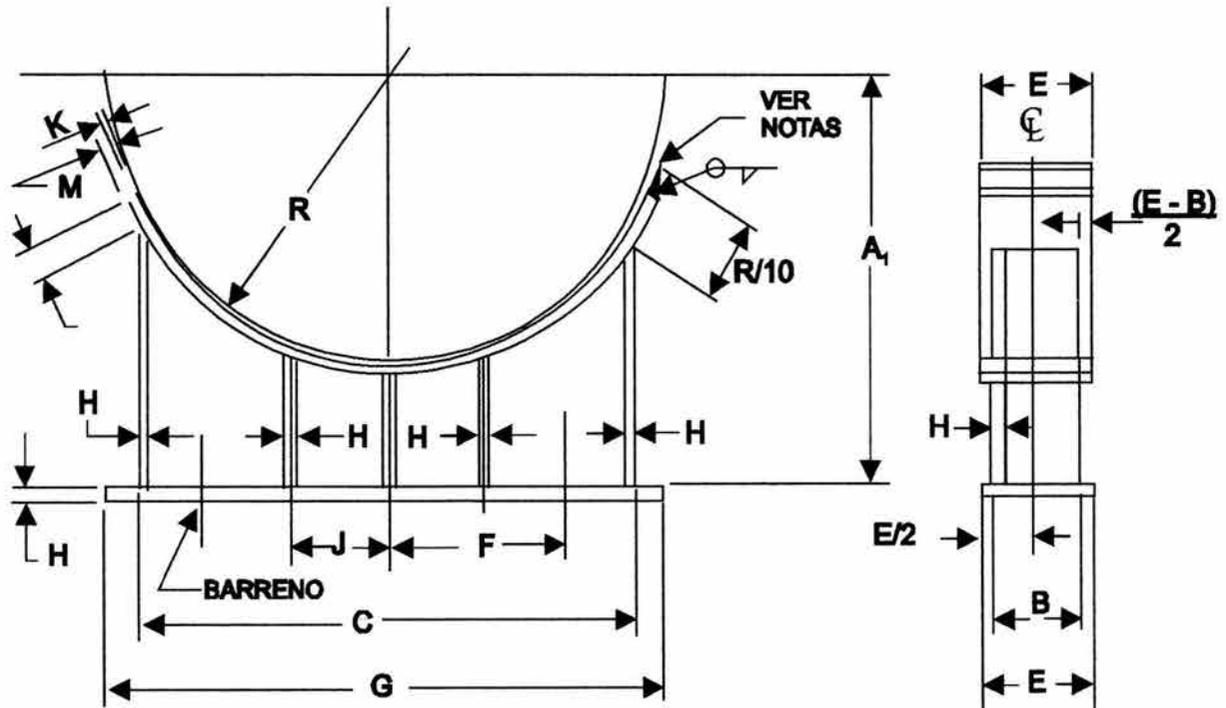
DIAM. RECIP. "D"	DIMENSIONES EN PULGADAS										PESO DE UNA SILLETA Kgs.
	A	B	E	F	G	H	K	M	R	DIAM. BARREN.	
6	1-1/2	1-1/2	3	2	6	1/4	1-3/4	6-3/16	3-5/16	3/4	4.0
8	9-1/2	1-1/2	3	2	6	1/4	1-3/4	5-3/16	4-5/16	3/4	3.5
10	11-1/2	1-1/2	3	4	10	1/4	1-3/4	6-1/8	5-3/8	3/4	5.5
12	11-1/2	1-1/2	3	4	10	1/4	1-3/4	5-1/8	6-3/8	3/4	5.0
14	13-1/2	1-1/2	3	5-1/4	13-1/2	3/8	1-3/4	6-1/2	7	3/4	11.0
16	13-1/2	1-1/2	3	5-1/4	13-1/2	3/8	1-3/4	5-1/2	8	3/4	9.5
18	15-1/2	1-1/2	3	6-1/2	16	3/8	1-3/4	6-1/2	9	3/4	13.5
20	15-1/2	1-1/2	3	6-1/2	16	3/8	1-3/4	5-1/2	10	3/4	12.0



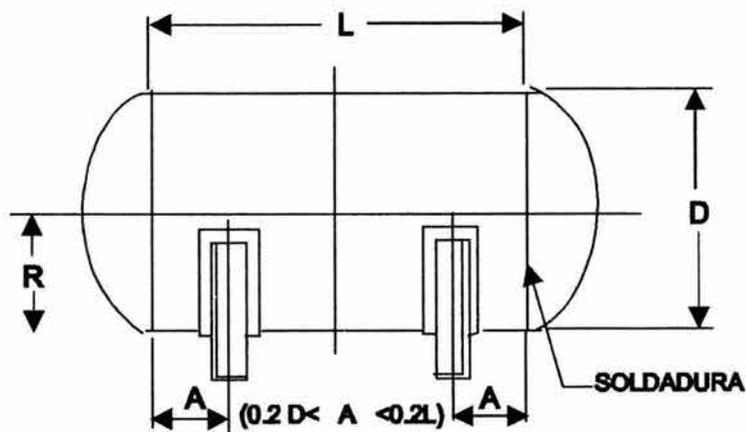
MATERIALES OPTATIVOS
 ASTM A-283 GR "C"
 ASTM A-36
 CORROSION 1/18"
 TODA LA SOLDADURA SERA
 CONTINUA LA DIMENSION DEL
 FILETE 3/16"
 DIAMETRO DEL ANCLA 5/8"

SOPORTES PARA RECIPIENTES HORIZONTALES

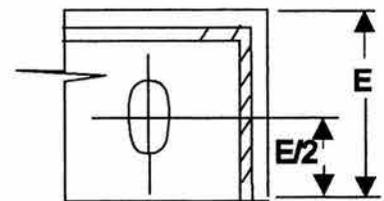
TIPO SILLETA, RECIPIENTES DE 24" A 144" ϕ



**CORROSION 1/16" TODA LA
SOLDADURA SERA CONTINUA**



LOCALIZACION DE SOPORTES EN RECIPIENTES



**BARRENOS OVALADO EN UN
SOLO SOPORTE (VER DIMS.)**

NOTAS:

1. La placa de refuerzo o de corrosión será soldada al recipiente con cordón corrido, y se extenderá $r/10$ (r en pulg.) a cada lado de la silleta.
2. Hacer barreno de $1/4$ " en placa de refuerzo o corrosión y tapanlo después de soldar.
3. Si el material del recipiente no es de acero al carbón, la placa será del mismo material del recipiente, y deberá soldarse al mismo con la soldadura adecuada.

Materiales optativos: ASTM A-283 Gr "C", ASTM A-36.

SOPORTES PARA RECIPIENTES HORIZONTALES

CARACTERISTICAS

DIA. RECIPIENTE	CARGA MAXIMA PARA 2 SOPORTES Kg	TODAS LAS DIMENSIONES EN PULGADAS														PESO DE UN SOPORTE Kg	CARTAS BONES INTERMEDIOS
		A ₁	B	C	D	E	F	G	H	J	K	DIA. ANCLA	DIA. BARRENO	BARRENO OVALADO	FILETE DE SOLDADURA		
24	3410	19	6	22	3/8	7	8	23	5/16	11	3/16	3/4"	1	1×1-1/2	1/4	23	1
30	4145	22	6		7/16	7	10-1/2	29	5/16	18-1/2	3/16	3/4"	1	1×1-1/2	1/4	30	1
36	6818	25	6	32	1/2	7	12-1/2	34	3/8	16	1/4	3/4"	1	1×1-1/2	1/4	41	1
42	9090	28	6	38	9/16	7	16	40	1/2	19	5/16	3/4"	1	1×1-1/2	5/16	50	1
48	18180	31	8	43	5/8	9	18	45	1/2	21-1/2	7/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	91	1
54	22727	34	8	48	5/8	9	20	50	1/2	12	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	110	2
60	27270	37	8	53	5/8	9	23	55	1/2	13	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	123	2
66	34090	40	8	58	5/8	9	25	60	1/2	14	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	136	2
72	38636	43	8	63	5/8	9	28	65	1/2	16	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	148	2
78	45455	46	8	69	5/8	9	31	71	1/2	17	3/8	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	3/8	160	2
84	68180	49	9	74	3/4	10	33	76	5/8	19	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	1/2	225	2
90	79545	52	9	79	3/4	10	35	81	5/8	20	1/2	7/8	1-1/8	1-1/8×1-3/4	1/2	250	2
94	90900	55	9	84	3/4	10	37	86	5/8	21	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	270	2
102	104540	58	9	90	3/4	10	40	92	5/8	23	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	295	2
105	125060	61	10	95	3/4	11	42	97	5/8	24	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	320	2
114	159100	64	10	100	3/4	11	44	102	5/8	25	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	345	2
120	177270	67	10	105	3/4	11	46	107	5/8	26	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	365	2
126	200000	70	10	110	3/4	11	48	112	5/8	28	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	385	2
132	227270	73	10	116	3/4	11	51	118	5/8	29	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	410	2
138	245459	76	10	121	3/4	11	53	123	5/8	30	1/2	1	1-1/4	1×1-4/2	1/2	430	
144	263600	79	10	126	3/4	11	55	128	5/8	32	1/2	1	1-1/4	1-1/4×2	1/2	455	2

Los soportes para los recipientes separadores horizontales vapor-líquido son diseñados correctamente de las tablas anteriores si conocemos el diámetro de éste en pulgadas, limitándose al diámetro indicado aquí.

CAPITULO 12

INSTRUMENTACIÓN TÍPICA DE LOS RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO.

12.1. Generalidades de instrumentación en recipientes separadores vapor-liquido.

Esta parte trata de mostrar las aplicaciones posibles que tiene la instrumentación en la industria de los recipientes de proceso, sobre todo, sabiendo que producen materiales esenciales para el bienestar de la comunidad, seguridad de las plantas de proceso, equipos y el hombre.

Es decir los instrumentos son herramientas indispensables que sirven para conseguir y conservar la calidad con que se identifica el producto que se está manufacturando. Se utilizan para controlar las variables de un proceso o sistema en forma tan exacta como se necesite para satisfacer las especificaciones del producto en lo que respecta a la composición, forma, color y acabado.

Cuando el diseño de proceso está completo, el diagrama de flujo de proceso (DFP) y el diagrama de tubería e instrumentación (DTI'S), es decir todos los instrumentos se muestran esquemáticamente (de acuerdo a la ISA, Instrument Society of America) mediante símbolos en los diagramas antes mencionados. A cada instrumento se le asigna un número el cual se usa para identificación, durante el diseño, la compra y la construcción, es decir el control de los recipientes de proceso se reduce al balance de materia y energía los cuales involucran las condiciones de operación particulares para sus requerimientos tales, flujo de vapor-liquido, la correcta temperatura, presión, niveles de fluido, y composición de los fluidos. Todas las condiciones anteriores son interrelacionadas y hacen que el funcionamiento de los recipientes separadores sea mejor por que sus variables son conocidas y controladas.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, podemos deducir sin ninguna dificultad la importancia que tiene para el control de procesos la adecuada medición y manipuleo de las llamadas variables de proceso ya que estas nos marcan las condiciones en que se encuentra en un sistema dado.

Los instrumentos o sistemas de instrumentos pueden ser mecánico, neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o una combinación de una o más formas básicas, por ejemplo electromecánicas.

El tipo de instrumentos utilizados en los recipientes separadores dependerá de las variables que se van a controlar o medir; tales como mencionamos anteriormente (flujo, nivel, presión y temperatura) y de la rapidez y precisión con que se debe efectuar la medición o el control.

Los instrumentos o sistemas de instrumentos que utilizaremos en nuestros tanques deben escogerse con sumo cuidado con el fin de satisfacer cada aplicación específica para que el ingeniero de proyecto, instrumentista, de procesos, el proveedor y el cliente, así como sus ayudantes especializados puedan elegir la mejor aplicación, los cuales deben de tener un conocimiento profundo tanto del instrumento como del sistema de

operación. Hay algunos conceptos fundamentales para efectuar la mejor selección posible.

Estos son los tipos y fuentes de error, el retraso en el tiempo, los tiempos muertos y la respuesta a la frecuencia tanto del instrumento como del sistema.

Para el control de nivel usaremos un control automático el cual compara el valor efectivo de la salida del tanque separador con el valor deseado el cual, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La forma en que el control automático produce la señal de control recibe el nombre de acción de control.

Las acciones de control básicas utilizadas en los separadores serán controladores de acción proporcional y controladores de acción proporcional mas acción integral.

Uno de los propósitos básicos para usar el control automático es que la producción es llevada a cabo mas económicamente y algunos procesos no podrían ser posibles excepto a través del uso de control automático ya que estos nos proporcionan: bajos costos de mano de obra, eliminación o reducción de errores humanos, mejoramiento de la calidad de proceso, reducción del tamaño de los recipientes separadores y la cantidad de espacio requerido y nos provee una seguridad mejor en la operación.

Un ejemplo de diagrama de bloques de un circuito de control automático se muestra en la figura 12.1

12.2. Instrumentos comunes usados en los recipientes separadores vapor-liquido.

Para las corrientes de liquido de proceso generalmente se requiere que antes de iniciarse una nueva etapa del proceso exista en el recipiente un cierto volumen mínimo requerido de reserva a fin de poder absorber o amortiguar las oscilaciones, alteraciones o interrupciones, etc., de la etapa correspondiente al recipiente en cuestión y así facilitar la operación y regulación de la unidad por medio de la instrumentación. Por el contrario, en algunas ocasiones se exige que el tiempo de permanencia del liquido entre el nivel máximo y el nivel mínimo en los recipientes separadores no sea superior a un determinado valor máximo, para que él liquido no se pueda descomponer, formar incrustaciones, etc., lo que también incluye evidentemente en el volumen del recipiente, el cual es el principal problema de control y es el caso mas frecuente originado por las necesidades de regulación, es decir, el de un tiempo de retención mínimo. Por lo tanto, uno de los objetivos del tiempo de residencia es el facilitar la regulación de los recipientes de proceso, para fijarlo se debería tener en cuenta las características de la instrumentación y del personal que opera el equipo.

Por su propia definición se ve que el tiempo de residencia gobierna el volumen de los recipientes mientras que la decantación de las fases al estar relacionada con la velocidad del fluido fija la sección.

La instrumentación no se analizará a fondo, tan sólo indicaremos los instrumentos más usuales en los recipientes separadores vapor-liquido y sus características generales, y

son los siguientes: transmisor de nivel (LT), indicador controlador de nivel (LIC), interrupción por alto nivel (LSH), alarma por alto nivel (LAH), interruptor por bajo nivel (LSL), alarma por bajo nivel (LAL), válvula de seguridad de presión (PSV), vidrio de nivel (LG), manómetro (PI) y termómetro (TI), principalmente.

Aunque sin entrar en detalle sobre las relaciones de volúmenes y secciones con la instrumentación, daremos algunos métodos simples de comprobación de las dimensiones y el tiempo de residencia en recipientes que utilicen regulación de nivel para mantener en su interior un volumen de líquido determinado. Para ello es preciso conocer las características básicas del sistema de regulación que indicaremos a continuación.

Los tipos más comunes de transmisores de nivel (LT), en las industrias de procesos son: el de presión diferencial, y el de flotador con barra de torsión (o de desplazamiento), siendo éste el más comúnmente empleado y en cuyas características comerciales están basadas las reglas siguientes.

Para el nivel se emplea la regulación proporcional o la proporcional mas la acción integral. Como en la mayor parte de los casos lo que interesa simplemente es limitar la variación de nivel entre los dos niveles máximo y mínimo, aunque la regulación proporcional no elimina la desviación de nivel producida por una alteración del proceso, se puede utilizar para la mayoría de servicios considerados no críticos o líquidos que vayan directamente a la eliminación o almacenamiento y tiempos de residencia no mayores a 15 segundos utilizando una banda proporcional ajustable hasta un máximo del 100%.

El límite inferior del reajuste automático o tiempo transcurrido entre cada acción correctora, para un regulador proporcional más acción integral, debe ser mayor que los retardos del proceso y la instrumentación correspondiente, es decir, la velocidad de variación del nivel (es inversamente proporcional al tiempo de residencia), tiene que ser lo suficientemente lenta como para que pueda ser seguida por el medidor de nivel y las variaciones de éste corregidas por el sistema de regulación, pues en caso contrario, el regulador rebasará el valor deseado y oscilará de manera que sin aparente alteración del caudal de entrada la válvula de regulación se moverá constantemente, causando las siguientes dificultades en las etapas de proceso.

En este sentido, un mínimo de tiempo de residencia viene fijado por el requerido por la válvula para cambiar de todo abierto a todo cerrado y viceversa, que ha de ser menor que el de residencia a fin de evitar la oscilación de la válvula. Como referencia un tiempo típico de paso de abierto a cerrado y viceversa, de una válvula de regulación de 2 in es de 15 segundos utilizando una banda proporcional (100% / ganancia) donde: la ganancia es el cambio de señal de salida dividida por el cambio de señal de entrada.

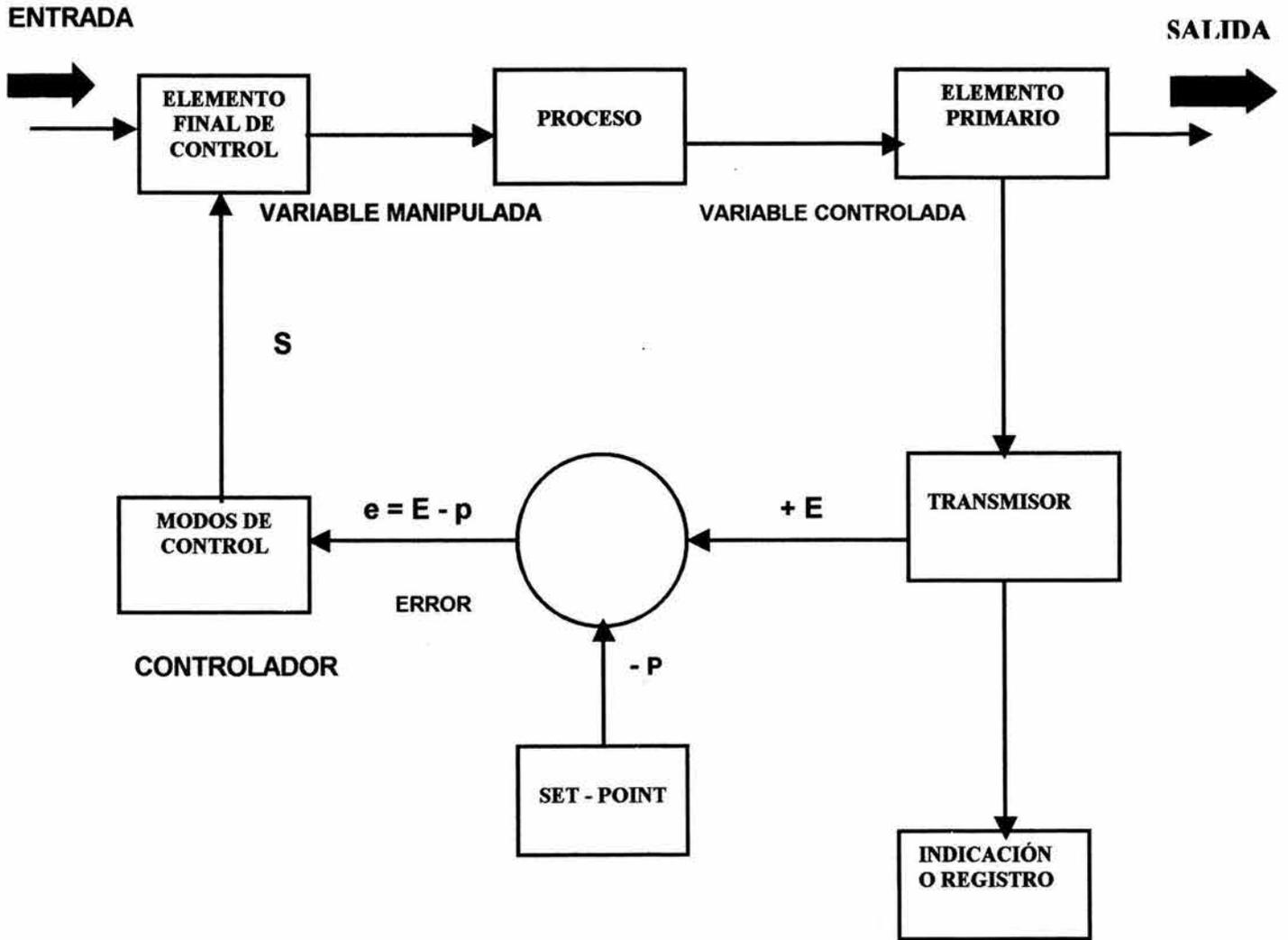


Figura 12.1 Diagrama de bloques de un circuito de control.

12.3 Control automático de nivel para los recipientes separadores vapor-liquido.

Control proporcional.

En el modo de control proporcional la salida cambia proporcionalmente con el error del sistema; o sea:

$$s \propto e$$

donde :

s = señal controlada

e = error

$$e = E - P$$

donde :

E = variable controlada

P = valor deseado o SEP – POINT

$$s = G e$$

donde :

G = es la ganancia del controlador o ganancia proporcional.

Como el error en un movimiento dado es positivo o negativo, se debe de tener un valor constante el cual se le sumará o restará el valor del error por lo que:

$$S = Ge + C$$

donde :

C = es una constante de salida del controlador y es ajustable dependiendo de la condición del sistema.

La ganancia, (G) se denomina proporcional por que es una función de la banda proporcional.

La banda proporcional (B.P.) se define como el porcentaje que debe variar la variable controlada para que el elemento final se desplace de una posición externa a la otra y es función inversa de la ganancia.

$$G = 1 / B.P. \quad G \% = 100\% / B.P. \%$$

Por lo que la ecuación que rige el modo proporcional es:

$$S = 1/ B.P. (E - P) + C$$

De la ecuación anterior se deduce que la posición del elemento final de control S, es directamente proporcional al error e inversamente proporcional a la banda proporcional.

El control integral de este tipo de acción la variación de la señal de salida del control proporcional a la integral del error con respecto al tiempo.

El control proporcional más acción integral cambia los efectos de las dos acciones para hacer que la respuesta del sistema a las perturbaciones satisfaga los requerimientos tanto de la velocidad como de exactitud.

La acción proporcional tiene como finalidad la estabilidad y evitar un gran sobrepeso inicial mientras que la acción integral tiene por objeto eliminar el error estático.

Para recipientes horizontales diremos, que la separación entre los niveles máximo y mínimo (o posición de la interfase) debe ser, como máximo el rango del regulador de nivel a instalar, el cual debe corresponder al diámetro del recipiente. Una sugerencia es la que se muestra en la tabla 12.2 siguiente:

Tabla 12.2

Diámetro del Recipiente en ft.	Rango del controlador o máxima distancia entre las posiciones extremas del nivel del líquido o Interfase en, (in)
$D \leq 3.5 \text{ ft.}$	14
4 – 5.5	32
6 – 6.5	48
6 – 7	60
7.5 – 8	72
8.5 – 9	84
9.5 – 10	96
10.5 – 11	108
$11.5 \leq D$	120

Las conexiones para los instrumentos de nivel, deben situarse en la parte central por ser la menos agitada, asimismo en los verticales, deben situarse fuera del ángulo de difusión de la vena fluida de entrada como se muestra en la figura 12.3

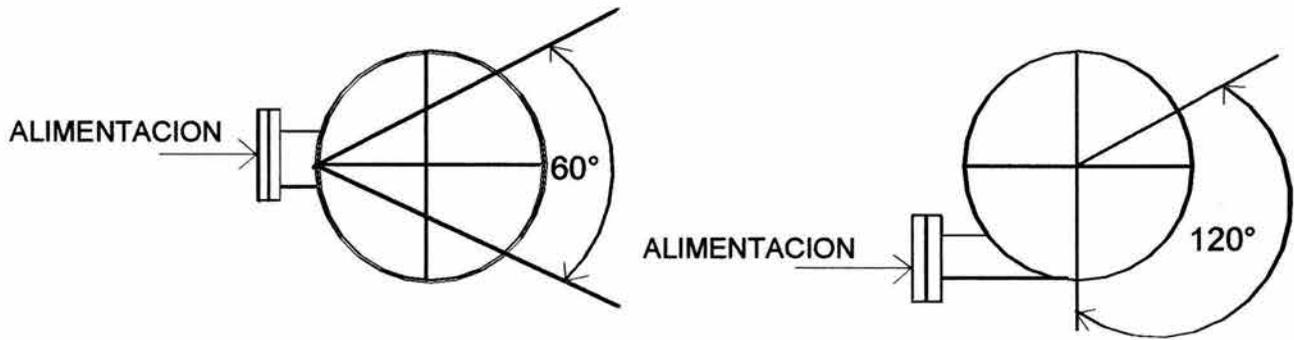


Figura 12.3 que muestra los sectores de un recipiente vertical en los que no se deben de situar las conexiones de los reguladores de nivel.

12.4 Indicador de presión (manómetro) PI.

Ya que los elementos de presión como los elementos de flujo responden casi instantáneamente a los cambios de presión.

Las mediciones de presión son de las más importantes que se hacen en la industria, sobre todo en las industrias de procesos continuos, tales como el procesamiento y la elaboración de compuestos químicos en los que intervienen en gran medida los recipientes separadores. La cantidad de instrumentos que miden la presión puede ser mucho mayor que la que se utiliza en cualquier otro tipo de instrumento.

Los principios que se utilizan en la medición de presión se utilizan también en la determinación de temperatura, flujos y niveles de líquidos. Los elementos de detección de presión más usuales en recipientes son. Los tubos Bourdon, espirales, diafragmas y fuelles los cuales responden rápidamente a los cambios de presión.

Por lo tanto es muy importante conocer los principios generales de operación. Los tipos de instrumentos, los principios de instalación, la forma en que se deben mantener los instrumentos para obtener el mejor funcionamiento posible, como se deben usar para controlar un sistema o una operación y la manera como se calibran.

La presión es una fuerza que se ejerce sobre un área determinada y se mide en unidades de fuerza por unidad de área. Esta se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre esta. Cada vez que se ejerce, se produce deflexión, una distorsión o un cambio de volumen.

En nuestro caso la presión únicamente se indicará para poder tomar las precauciones que nos pudiera implicar dentro del proceso.

El tubo Bourdon es el más usado para medir la presión en tanques separadores y consiste en un tubo aplastado de latón y otro metal cerrado por un extremo y, doblado en forma circular. El extremo cerrado está unido, por medio de un piñón y una cremallera, a una aguja que se mueve sobre una escala. El extremo abierto se encuentra conectado al aparato dentro del cual se quiere medir la presión. Cuando se ejerce una presión dentro del tubo Bourdon como esta aplastando éste, tenderá a enderezarse ligeramente, tal como se estira una manguera de goma, doblada, cuando se hace pasar agua por su interior.

El movimiento resultante, del extremo cerrado del tubo se transmite a la aguja indicadora.

12.5 Vidrios de nivel. (LG)

Para indicar los niveles de líquidos en los recipientes separadores se fabrican varios dispositivos visuales. El más ampliamente utilizado consiste en un tubo de vidrio conectado a un tanque o recipientes en sus puntos alto y bajo. Para recipientes altos, varios de tales dispositivos de vidrio pueden ser conectados en el rango por medirse. Estos tubos de vidrio están provistos con protectores para evitar que se rompan.

Los vidrios de nivel para altas presiones se montan en una cámara maquinada a partir de una barra sólida de acero. Existen dos estilos principales. Uno, tiene bloques gruesos de vidrio plano, tanto al frente como en la parte posterior (nivel transparente) y otro sólo tiene el frente de vidrio. El vidrio frontal de éste último está cortado a manera de producir varias superficies de vidrio o prismas que refracten la luz. La refracción de la luz es mayor en la parte del nivel que contiene líquido, la cual se ve negra, en tanto en la parte sin líquido se ve clara. Es decir sólo nos proporciona inspección visual.

El nivel transparente se usa para instalaciones en las que se requiere conocer el color del líquido que se va a medir. En todas las demás instalaciones se usa el otro nivel de refracción, el cual es mas fácilmente legible.

En el comercio existen diseños que proporcionan medios para calentar o enfriar vidrios de nivel. El medio de calentamiento o enfriamiento se conduce a través de un tubo sujeto a la parte posterior del nivel, o bien, dicho el tubo puede estar en el seno de la cámara líquida.

Los niveles de alta presión se han utilizado con gran éxito. Son de construcción reciente y por lo general exceden los requerimientos de los diversos códigos de recipientes a presión.

12.6. Válvula de seguridad de presión (PSV)

Una de las responsabilidades más importantes del ingeniero de proceso en la realización de un proyecto, es la seguridad tanto del personal que opera en la futura planta como la planta misma. Esto incluye la selección de dispositivos de seguridad en equipos, tuberías, etc.

Uno de los riesgos mayores que puede crearse en los tanques separadores, por el proceso es el aumento excesivo de presión que de no controlarse puede provocar la fractura del equipo en que se presenta.

La presión se puede elevar por distintas causas y puede disminuirse por varios medios, por ejemplo; por medio de un control de presión o un venteo manual pero el medio más efectivo es el sistema de relevo (PSV).

El objetivo de la PSV es la protección principalmente del equipo; ya que estos recipientes separadores son diseñados para trabajar a una presión máxima, dada por sus características mecánicas. Cuando existe la posibilidad de que ésta presión sea excedida por alguna falla el exceso se evita desalojando los fluidos de los recipientes separadores por medio de una PSV, la cual debe ser dimensionada adecuadamente basándose en las condiciones específicas dependientes de las condiciones de operación del equipo.

La válvula de seguridad de presión, es un dispositivo automático de alivio de presión que se acciona por un exceso de presión existente dentro de los recipientes separadores, los cuales manejan líquido y gas, la válvula abre en función proporcional a un incremento de presión sobre la presión de ajuste de dicha válvula, la válvula de seguridad una vez realizada su función regresa a su posición originalmente cerrada.

Actualmente las válvulas de seguridad, utilizan un resorte el cual se puede ajustar a la fuerza de cierre de acuerdo a las necesidades de cada caso.

En estas válvulas actúa la presión estática. Corriente arriba la cual tiene que ser vencida por la fuerza que ejerce el resorte y abre la válvula permitiendo de esa manera que cierta masa de fluido que ejercía presión en el líquido salga de él.

Cuando, el fluido, que se está relevando es un gas la expansión provocada al descender la presión, permite que una cantidad adicional de fuerza dinámica que se ejerce bajo el disco, el cual originalmente se mantiene cerrado contra el asiento debido a la fuerza ejercida por el resorte, cuando la presión baja el disco, aumenta y la fuerza provocada por esta presión iguala a la fuerza ejercida por el resorte y la válvula abre repentinamente.

En servicios de líquido la apertura inicial de la válvula se logra solo con la fuerza de la presión bajo el disco que vence, la fuerza ejercida por el resorte. Dado que el líquido no se expande cuando su presión se reduce, no existe la fuerza dinámica adicional que estimula la acción repentina, consecuentemente, las válvulas que operan en servicio, de líquido requieren una mayor sobrepresión (25%) para lograr su completa apertura, debido a la ausencia de los efectos de expansión.

La válvula estará totalmente abierta cuando se alcance la sobrepresión especificada.

El requisito básico para una válvula de seguridad cargada por un resorte, es un cuerpo adecuado, normalmente el tipo de ángulo, que tenga una conexión de entrada capaz de resistir los requerimientos y temperatura. El cuerpo y la conexión de salida, así como el bonete, pueden estar diseñados para una presión más baja que la presión de entrada

12.7. Indicador de temperatura. (TI)

La medición de temperatura es de gran importancia en el recipiente de proceso. Se necesita en cada caso que se requiera de calor o frío para el control del proceso o de una operación de fabricación.

La precisión de la medición y la rapidez con que se puede efectuar depende de la aplicación. Esta aplicación también determina si es necesario usar un indicador simple un registrador o un control más complejo.

Para temperaturas inferiores a 538 °C se utilizan termómetros sencillos cuando solo se desea indicar y se dispone de espacio adecuado para la instalación.

Y cuando el sistema puede alcanzar normalmente el equilibrio con el instrumento de medición.

Algunos termómetros también se pueden utilizar con registradores y dispositivos de control.

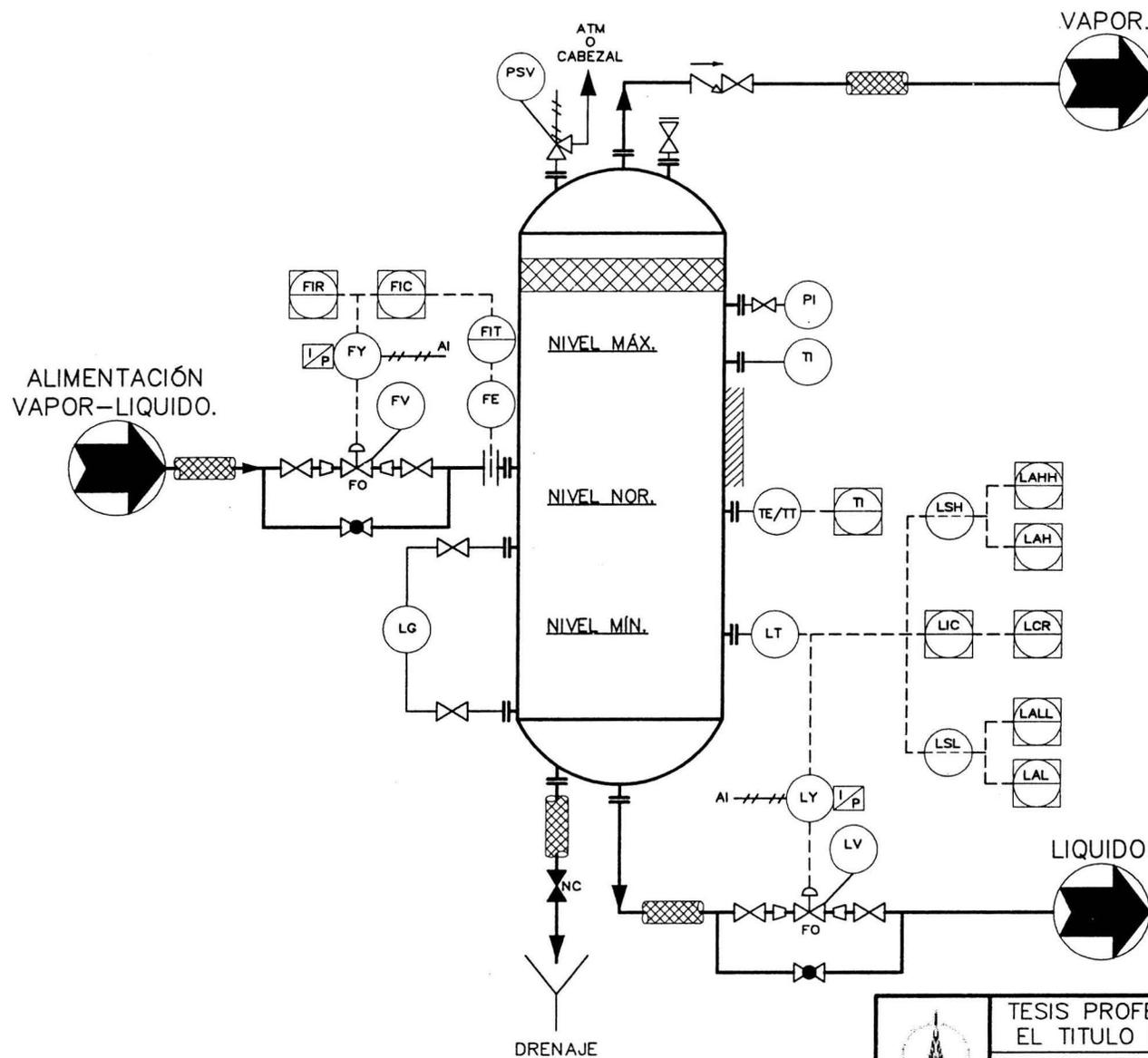
El termómetro bimetalico es uno de los instrumentos mas conocidos que nos sirven para indicar la temperatura de operaciones en los tanques separadores.

El termómetro bimetalico se construye casi siempre de dos tiras delgadas de metales diferentes que se unen a todo lo largo. En estos termómetros a estas tiras unidas se les da forma de bobina helicoidal.

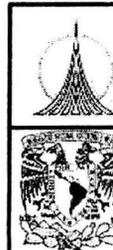
Un extremo de la bobina va soldado al vástago del termómetro y el otro al eje indicador. El principio de operación de un termómetro bimetalico es relativamente simple los metales tienen diferentes coeficientes de expansión térmica y al aplicarles calor se expanden con velocidades y magnitudes diferentes. La bobina helicoidal se forma colocando el metal con el mayor coeficiente de expansión en el lado extremo. Cuando se aplica calor al vástago del termómetro la bobina se enrolla y este movimiento hace que el eje y el indicador giren.

Para una mejor visualización de la instrumentación en la figura 12.4, se muestra la instrumentación típica de un recipiente separador vertical vapor-líquido con demister. En la figura 12.5 y 12.6 se muestran la instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor-líquido con demister.

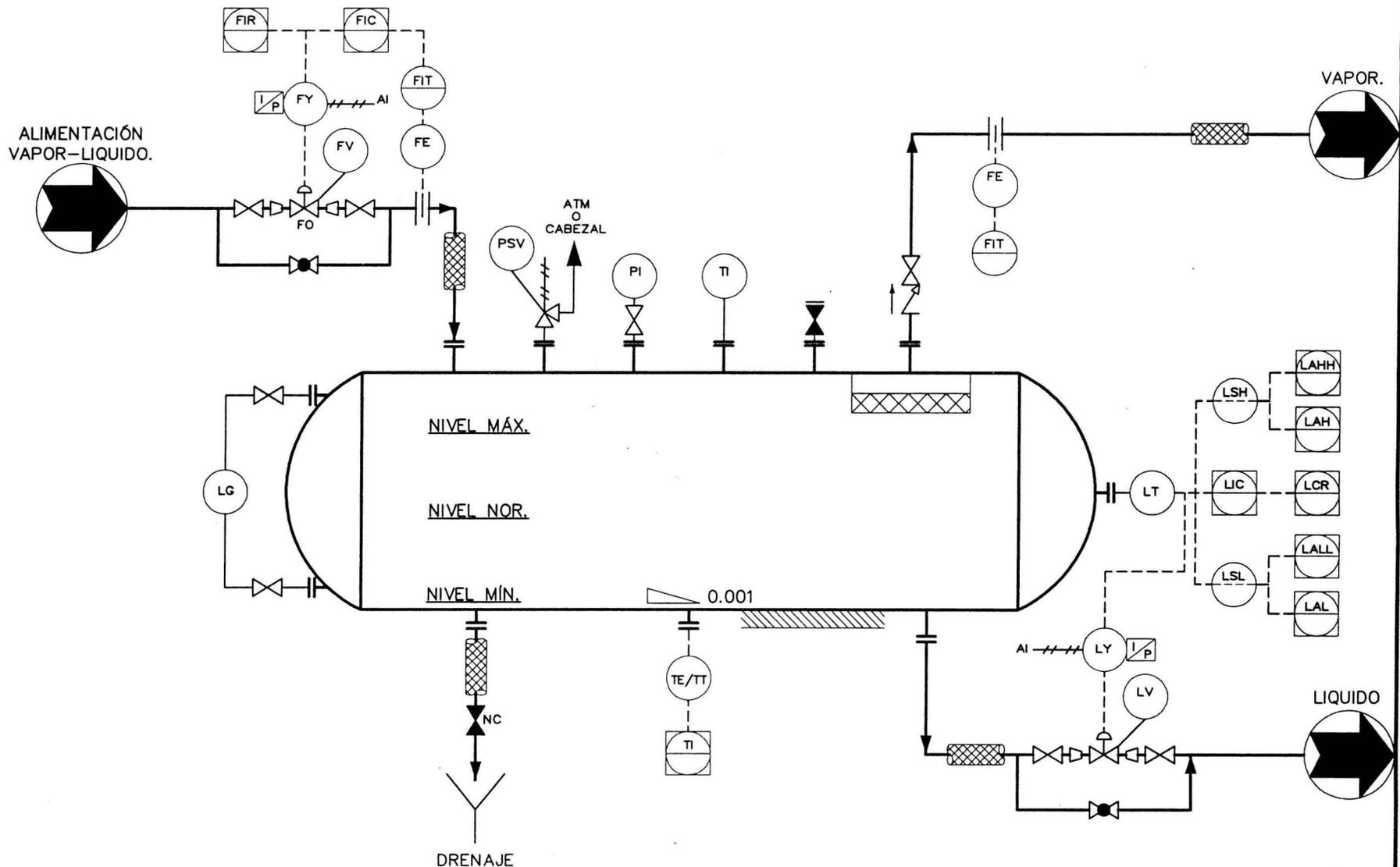
Adicionalmente en las figuras 12.7 se muestra un DTI, con un recipiente separador vertical vapor-líquido integrado a un proceso productivo y en la figura 12.8 se muestra un DTI, con un recipiente separador horizontal vapor-líquido integrado a un proceso productivo.



12.4 Instrumentación típica de un recipiente separador vertical vapor-líquido con demister.

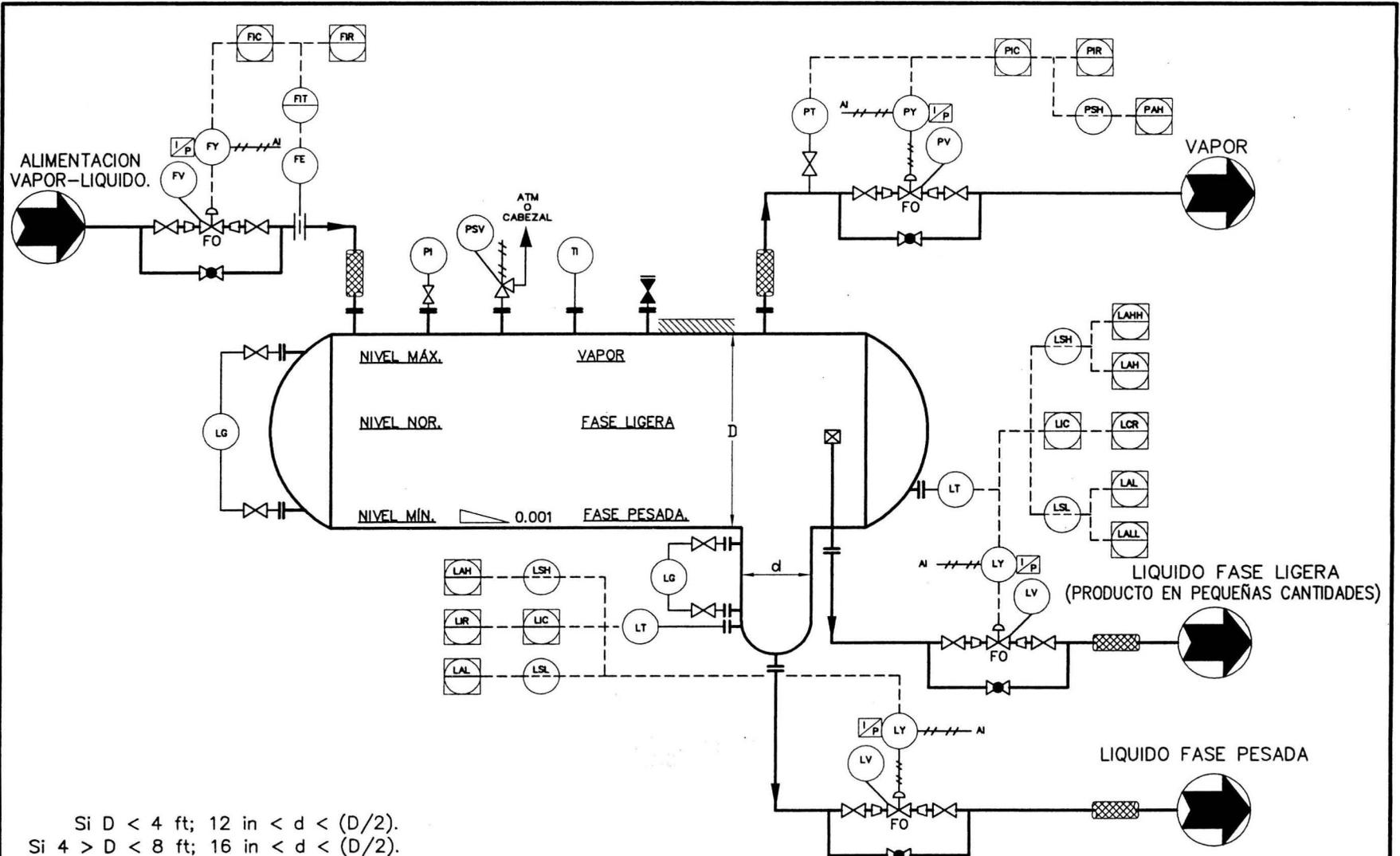


TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER
 EL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO.
 FACULTAD DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES ZARAGOZA.
 INSTRUMENTACIÓN TÍPICA DE TANQUES
 SEPARADORES VERTICALES.
 GLA/MHT | S/E | REV 0 | DIBUJO: DT-800.



12.5 Instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor-líquido con demister.

	TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO.
	FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA.
	INSTRUMENTACIÓN TÍPICA DE TANQUES SEPARADORES HORIZONTALES.
	GLA/MHT S/E REV 0 DIBUJO: DT-800.



Si $D < 4$ ft; $12 \text{ in} < d < (D/2)$.
 Si $4 > D < 8$ ft; $16 \text{ in} < d < (D/2)$.
 Si $D > 8$ ft; $24 \text{ in} < d < (D/3)$.

12.6 Instrumentación típica de un recipiente separador horizontal vapor y dos líquidos inmiscibles con pierna.



TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO.			
FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA.			
INSTRUMENTACIÓN TÍPICA DE TANQUES SEPARADORES HORIZONTALES, CON PIERNA			
GLA/MHT	S/E	REV 0	DIBUJO: DT-800.

TANQUE SEPARADOR DE METANO.

Clave: EA-100
 Servicio: Separación de hidrocarburos.
 Capacidad: 12000 lts.
 Diámetro: 2000 mm
 Longitud: 3820 mm (T-T)
 Material construcción: SA-285 Gr C
 Material internos: Acero inoxidable T-304.

COMPRESOR RECIPROCANTE

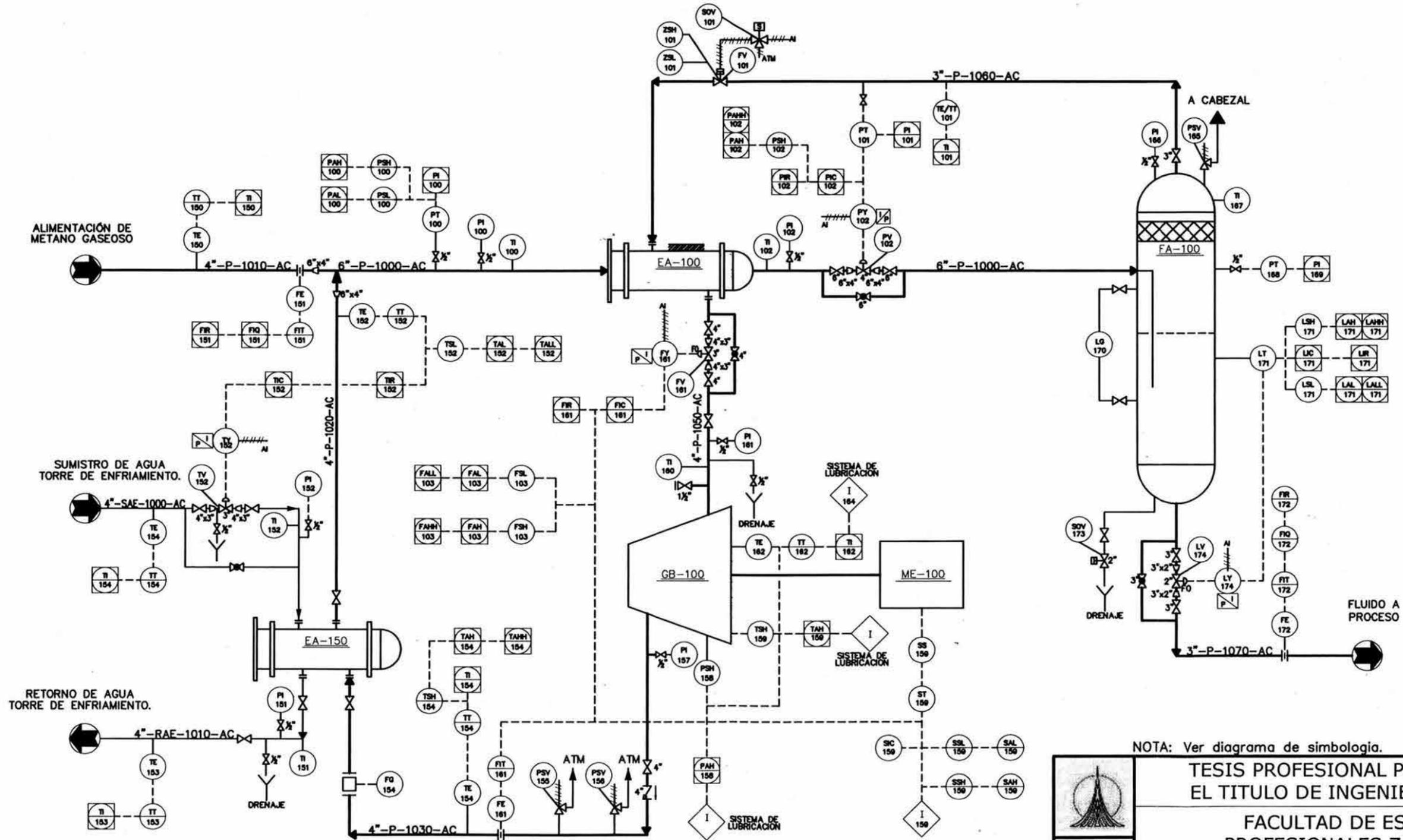
Clave: GB-100
 Servicio: Compresión de Metano
 Capacidad: 1000 SCFM
 Potencia: 50 HP.
 No. de pasos: 1
 Material construcción: Ac al carbón
 Velocidad operación: 3680 rpm
 Presión descarga: 18 Kg/cm²g

CONDENSADOR DE METANO RECIRCULADO

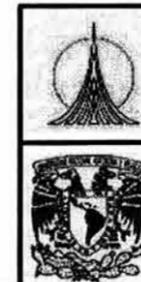
Clave: EA-100
 Servicio: Enfriamiento de metano.
 Tipo: Tubos y Carozas AFS.
 Área de transferencia de calor: 30 mts².
 Longitud: 4800 mm.
 Diámetro: 800 mm.
 Número de tubos: 132
 Carga térmica: 500000 Kcal/hr.
 Material construcción cuerpo: SA-515 Gr 70.
 Material construcción tubos: Acero inoxidable T-304.

CONDENSADOR DE METANO ALIMENTADO

Clave: EA-150
 Servicio: Condensación de metano.
 Tipo: Tubos y Carozas BEU.
 Área de transferencia de calor: 20 mts².
 Longitud: 4660 mm.
 Diámetro: 800 mm.
 Número de tubos: 124
 Carga térmica: 400000 Kcal/hr.
 Material construcción cuerpo: SA-515 Gr 70.
 Material construcción tubos: Acero inoxidable T-304.



NOTA: Ver diagrama de simbología.



TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER
 EL TÍTULO DE INGENIERO QUIMICO.

FACULTAD DE ESTUDIOS
 PROFESIONALES ZARAGOZA.

DIAGRAMA DE TUBERIAS É INSTRUMENTACIÓN PARA APLICACIÓN
 TÍPICA DE RECIPIENTES SEPARADORES VERTICALES.

GLA / MHT S/E REV 0

12.7 Diagrama de tuberías e instrumentación con un recipiente separador vertical vapor-líquido integrado a un proceso productivo.

TANQUE ACUMULADOR DE REFLUJO

Clave: FA-100.
Servicio: Acumulador de torre de destilación.
Capacidad: 16000 lts.
Diámetro: 1600 mm.
Longitud: 7200 mm (T-T).
Material de construcción: SA-285 Gr C.
Fluido: Hidrocarburos ligeros.

BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL

Clave: GA-100
Servicio: Bombeo de reflujo a torre.
Capacidad: 40 m3/hr.
Cabeza total: 59 mts.
Velocidad de giro: 3600 rpm.
Potencia: 25 HP.
NPSH Disponible: 5 mts.
Material de construcción del cuerpo: Ac. al carbón.
Material de construcción de interiores: Ac. inoxidable.

COLUMNA DE DESTILACIÓN

Clave: DA-100
Servicio: Separación de hidrocarburos.
Tipo: Platos.
Número de platos: 60.
Longitud: 300 mm (T-T).
Diámetro: 260 mm.
Material de construcción del cuerpo: SA-285 Gr C.
Material de construcción de interiores: Acero inoxidable T-316.

CONDENSADOR DE HIDROCARBUROS

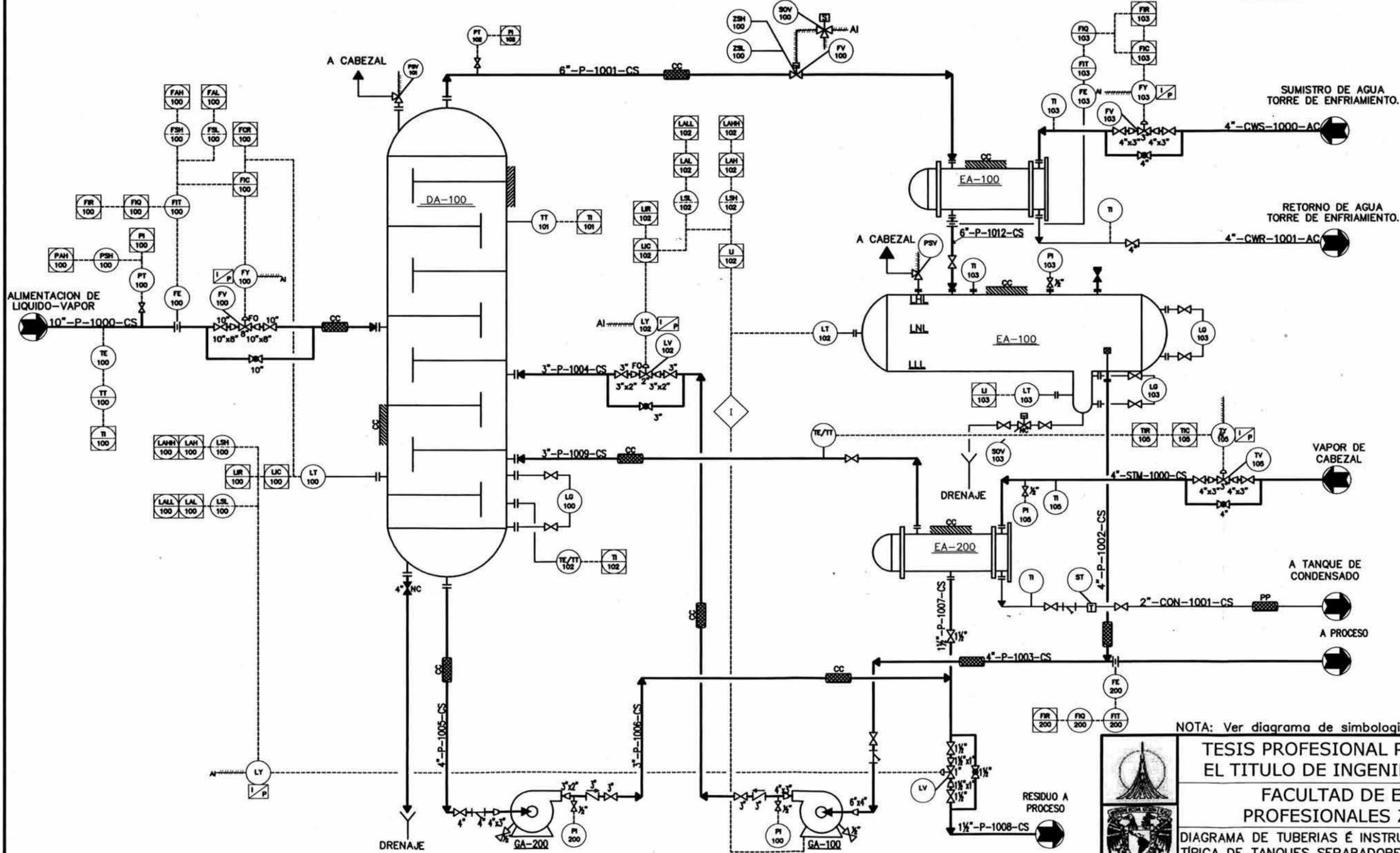
Clave: EA-100
Servicio: Condensación de hidrocarburos.
Tipo: Tubos y Coraza AES.
Área de transferencia de calor: 22.00 mts2.
Longitud: 4800 mm.
Diámetro: 400 mm.
Número de tubos: 97.
Carga térmica: 1900 Kcal/hr.
Material de construcción del cuerpo: SA-515 Gr 70.
Material de construcción de los tubos: Acero inoxidable T-316.

REHERVIDOR DE FONDOS DE TORRE

Clave: EA-200
Servicio: Condensación de hidrocarburos.
Tipo: Tubos y Coraza BEU.
Área de transferencia de calor: 29.00 mts2.
Longitud: 4800 mm.
Diámetro: 400 mm.
Número de tubos: 137.
Carga térmica: 2200 Kcal/hr.
Material de construcción del cuerpo: SA-515 Gr 70.
Material de construcción de los tubos: Acero inoxidable T-316.

BOMBA CENTRIFUGA HORIZONTAL

Clave: GA-200
Servicio: Bombeo de fondos de torre.
Capacidad: 21.73 m3/hr.
Cabeza total: 53 mts.
Velocidad de giro: 3600 rpm.
Potencia: 15 HP.
NPSH Disponible: 3 mts.
Material de construcción del cuerpo: Ac. al carbón.
Material de construcción de interiores: Ac. inoxidable.

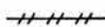
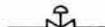
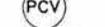


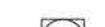
NOTA: Ver diagrama de simbología.



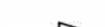
TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO.
FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA.
DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTACION PARA APLICACION TIPICA DE TANQUES SEPARADORES HORIZONTALES.
GLA/MHT | S/E | REV 0 | DIBUJO: DT-800.

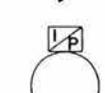
12.8 Diagrama de tuberías e instrumentación con un recipiente separador horizontal vapor-liquido integrado a un proceso productivo.

-  LINEA DE SEÑAL NEUMÁTICA.
-  LINEA DE PROCESO PRINCIPAL.
-  LINEA DE SERVICIO.
-  LINEA DE SEÑAL ELECTRICA.
-  VÁLVULA DE COMPUERTA.
-  VÁLVULA DE GLOBO.
-  VÁLVULA DE CONTROL.
-  VÁLVULA DE CONTROL DE PRESIÓN.
-  VÁLVULA DE SOLENOIDE DE DOS VIAS
-  VÁLVULA DE SOLENOIDE DE TRES VIAS
-  VÁLVULA DE CONTROL DE PISTON.

-  INSTRUMENTO MONTADO EN CAMPO.
-  INSTRUMENTO MONTADO EN TABLERO LOCAL.
-  INSTRUMENTO MONTADO ATRAS DEL TABLERO.
-  INSTRUMENTO MONTADO EN TABLERO PRINCIPAL.
-  INTERLOOK.
-  INTERLOOK PROGRAMABLE EN TABLERO DE CONTROL PRINCIPAL.
-  VÁLVULA DE COMPUERTA NORMALMENTE CERRADA.
-  BRIDA OCHO ABIERTA.

-  ENTRADA Y SALIDA DE LIMITES DE BATERIA.
-  PENDIENTE EN LINEAS 6 EQUIPOS.

-  REDUCCIÓN CONCENTRICA.
-  REDUCCIÓN EXCENRICA.

-  CONVERTIDOR DE SEÑAL NEUMÁTICA A ELÉCTRICA.

- PAH: ALARMA POR ALTA PRESIÓN.
- PALL: ALARMA POR BAJA BAJA PRESIÓN.
- PAHH: ALARMA POR ALTA ALTA PRESIÓN.
- PT: TRANSMISOR DE PRESIÓN.
- ZSL: MICROSITCH INDICADOR DE POSICIÓN CERRADA PARA VÁLVULA.
- ZSH: MICROSITCH INDICADOR DE POSICIÓN ABIERTA PARA VÁLVULA.
- LT: TRANSMISOR DE NIVEL.
- LIC: INDICADOR CONTROLADOR DE NIVEL.
- LIR: INDICADOR REGISTRADOR DE NIVEL.
- PSL: INTERRUPTOR POR BAJA PRESIÓN.
- PAL: ALARMA POR BAJA PRESIÓN.
- PSH: INTERRUPTOR POR ALTA PRESIÓN.
- PAH: ALARMA POR ALTA PRESIÓN.
- PALL: ALARMA POR BAJA BAJA PRESIÓN.
- PAHH: ALARMA POR ALTA ALTA PRESIÓN.
- SOV: VÁLVULA OPERADA POR SOLENOIDE.
- SS: VARIADOR DE VELOCIDAD.
- ST: TRANSMISOR DE VELOCIDAD.
- SIC: INDICADOR CONTROLADOR DE VELOCIDAD.
- SSL: INTERRUPTOR POR BAJA VELOCIDAD.
- SAL: ALARMA POR BAJA VELOCIDAD.
- SSH: INTERRUPTOR POR ALTA VELOCIDAD.
- SAH: ALARMA POR ALTA VELOCIDAD.
- FC: VÁLVULA AUTOMÁTICA CIERRA A FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS.
- FO: VÁLVULA AUTOMÁTICA ABRE A FALLA DE AIRE DE INSTRUMENTOS.

- FE: ELEMENTO DE FLUJO.
- FT: TRANSMISOR DE FLUJO.
- FIT: INDICADOR TRANSMISOR DE FLUJO.
- FIQ: INDICADOR TOTALIZADOR DE FLUJO.
- FIR: INDICADOR REGISTRADOR DE FLUJO.
- FIC: INDICADOR CONTROLADOR DE FLUJO.
- FSL: INTERRUPTOR POR BAJO FLUJO.
- FAL: ALARMA POR BAJO FLUJO.
- FSH: INTERRUPTOR POR ALTO FLUJO.
- FAH: ALARMA POR ALTO FLUJO.
- FAHH: ALARMA POR ALTO ALTO FLUJO.
- FALL: ALARMA POR BAJO BAJO FLUJO.
- TE: ELEMENTO DE TEMPERATURA.
- TT: TRANSMISOR DE TEMPERATURA.
- TIT: INDICADOR TRANSMISOR DE TEMPERATURA.
- TSL: INTERRUPTOR POR BAJA TEMPERATURA.
- TAL: ALARMA POR BAJA TEMPERATURA.
- TSH: INTERRUPTOR POR ALTA TEMPERATURA.
- TAH: ALARMA POR ALTA TEMPERATURA.
- TAHH: ALARMA POR ALTA ALTA TEMPERATURA.
- TALL: ALARMA POR BAJA BAJA TEMPERATURA.
- PV: VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA PARA PRESIÓN.
- LV: VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA PARA NIVEL.
- FV: VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA PARA FLUJO.
- TV: VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA PARA TEMPERATURA.
- PSV: VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN.
- PI: INDICADOR DE PRESIÓN.
- TI: INDICADOR DE TEMPERATURA.
- FG: MIRILLA.
- LG: VIDRIO DE NIVEL.
- PY: TRANSDUCTOR DE PRESIÓN.
- LY: TRANSDUCTOR DE NIVEL.
- TY: TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA.
- PIR: INDICADOR REGISTRADOR DE PRESIÓN.
- PIC: INDICADOR CONTROLADOR DE PRESIÓN.

	TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO.
	FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA.
PLANO DE SIMBOLOGIA	
GLA/MHT	S/E
REV 0	DIBUJO: DT-800.

CAPITULO 13

COSTO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LÍQUIDO.

13.1. Generalidades de costo de los recipientes separadores vapor-líquido.

En los principios involucrados en el diseño de una planta de proceso, el equipo es la parte principal de importancia para el Ingeniero Químico.

El desarrollo de un diseño completo de una planta requiere consideraciones de muchos tipos, el rol de los costos y la ganancia es muy importante ya que cuando existe suficiente información de diseño, el costo de los recipientes separadores debe ser obtenido sin ningún contratiempo, es decir, cuando el diseño final termodinámico y mecánico se ha completado es posible obtener un estimado de costo, aunque el costo real de los tanques separadores se obtiene con algún fabricante.

La tarea principal del ingeniero químico es escoger el mejor método para el cálculo del costo de los recipientes separadores vapor-líquido como es nuestro caso.

Aunque matemáticamente la mínima superficie (es decir, material para construcción del recipiente) para un volumen y el mínimo espesor para un radio dado (es decir, peso del recipiente) corresponden a la esfera y en teoría ésta sería la forma óptima, en la práctica, excepto casos especiales, la forma de los recipientes, utilizados en la industria de procesos es la cilíndrica, de construcción mucho más simple y económica, y en la mayoría de los casos más adaptada a la función del recipiente.

Una vez adoptada la forma cilíndrica, cuando en el recipiente se efectúa una operación físico-química (caso de reactor o torre de separación difusional). Las proporciones vienen prácticamente condicionados por los casos cálculos de cinética, las características de las piezas internas y las pérdidas de carga, pero cuando el recipiente nada más proporciona volumen para efectuar una decantación o suministrar tiempo de retención, solamente quedan fijadas unas condiciones de sección y/o volumen mínimos; el volumen se puede obtener con infinitas proporciones (L/D) entre la que se efectúa primordialmente mediante criterios de mínimo costo, aunque pueden influir factores como disponibilidad de materiales, necesidades de ubicación, tuberías, montaje, cimentaciones, instrumentos, etc.

La determinación del mínimo costo es compleja y algo teórica, pues para un volumen dado, la variación del costo con las proporciones es pequeña y para un diseño realizado de acuerdo con una normatividad dada, el costo depende de la especificación exacta del material de construcción, del peso del recipiente, dimensiones y espesores normalizados o disponibles, longitud de cordones de soldaduras, costo de las tapas, número de conexiones, soportes, aislamiento, pintura, escaleras, instrumentos, accesorios, etc.

Es decir, el costo de los recipientes separadores, responde directamente al medio ambiente del proceso y las variables involucradas en el equipo y los circuitos de control de proceso.

De tal manera que el costo de estos equipos lo calcularemos en forma modular, partiendo de la gráfica 13.1 la cual representa el costo base el cual es usado para la aplicación de la técnica modular en este sistema.

13.2 Método gráfico modular para el estimado de los costos de recipientes separadores horizontales y verticales vapor-líquido.

Un módulo de equipo de proceso representa el mejor costo de los recipientes separadores junto con materiales de campo, mano de obra de campo y los costos indirectos necesarios.

Módulos para costo de equipo.

Los módulos de costo para recipientes de proceso son formados de combinaciones de siete elementos primarios de costo.

1. Costo de equipo FOB (libre a bordo)
2. Costo directo de material
3. Costo directo de supervisión en campo
4. Costo directo de mano de obra y supervisión
5. Costos indirectos
6. Módulo de costo sin revestir
7. Módulo total de costo

Y catorce elementos de costo secundario. El costo directo de materiales de campo.

1. Tubería
2. Concreto
3. Acero
4. Instrumentos
5. Eléctrico
6. Aislamiento
7. Pinturas

Los costos de instalación.

8. Costo de materiales de montaje
9. Costo de equipo de montaje

Y los costos indirectos

10. Transporte, seguros e impuestos
11. Supervisión de construcción
12. Ingeniería
13. Contingencia
14. Honorarios de contratistas

El objetivo principal de cálculo de costos de recipientes separadores, es incluir dos procedimientos para la estimación de costos basados en información de diseño razonablemente firmes.

El primero, es un método gráfico, el cual se basa en cartas utilizadas en esta sección, que han sido preparadas de precios recientes, para un año base (1968) y un material base (acero al carbón).

La figura 13.1 representa el costo base (E) el cuál es usado cuando se requiera, para la aplicación de técnicas modulares en este sistema. Los factores de corrección para las condiciones de proceso severas, presión de diseño y un año base junto con la fórmula de costo siguiente:

Costo de recipientes separadores = $\frac{\text{Costo base del equipo en base a la figura 13.1}}{\text{Factor del material del cuerpo}} \times \frac{\text{Factor del (Fm)}}{\text{Factor de presión interna (Fp)}} \times \text{Índice de escalación de costo de 2002}$

La gráfica 13.1 es construida de acuerdo al siguiente formato:

1. Descripción
2. Estimación lógica del costo
3. Costo base y ajustes
4. Hoja de datos y factores ajuste

Los recipientes separadores son usualmente diseñados de acuerdo con el código de recipientes a presión ASME, los cuales son comúnmente cilíndricos con dos tapas elípticas, la instalación puede ser horizontal o vertical.

La carta para el costo base relaciona el diámetro y la longitud tangente-tangente del recipiente y el costo libre a bordo, el espesor se incluye en los factores de presión.

El costo base para el recipiente a presión fabricados en acero al carbón con una presión interna de 50 PSI, con boquillas, escaleras y soportes, se usan factores para otros materiales y presiones, se suman los costos de cimentación, plataformas, trabajo en campo y costos indirectos al módulo de instalación.

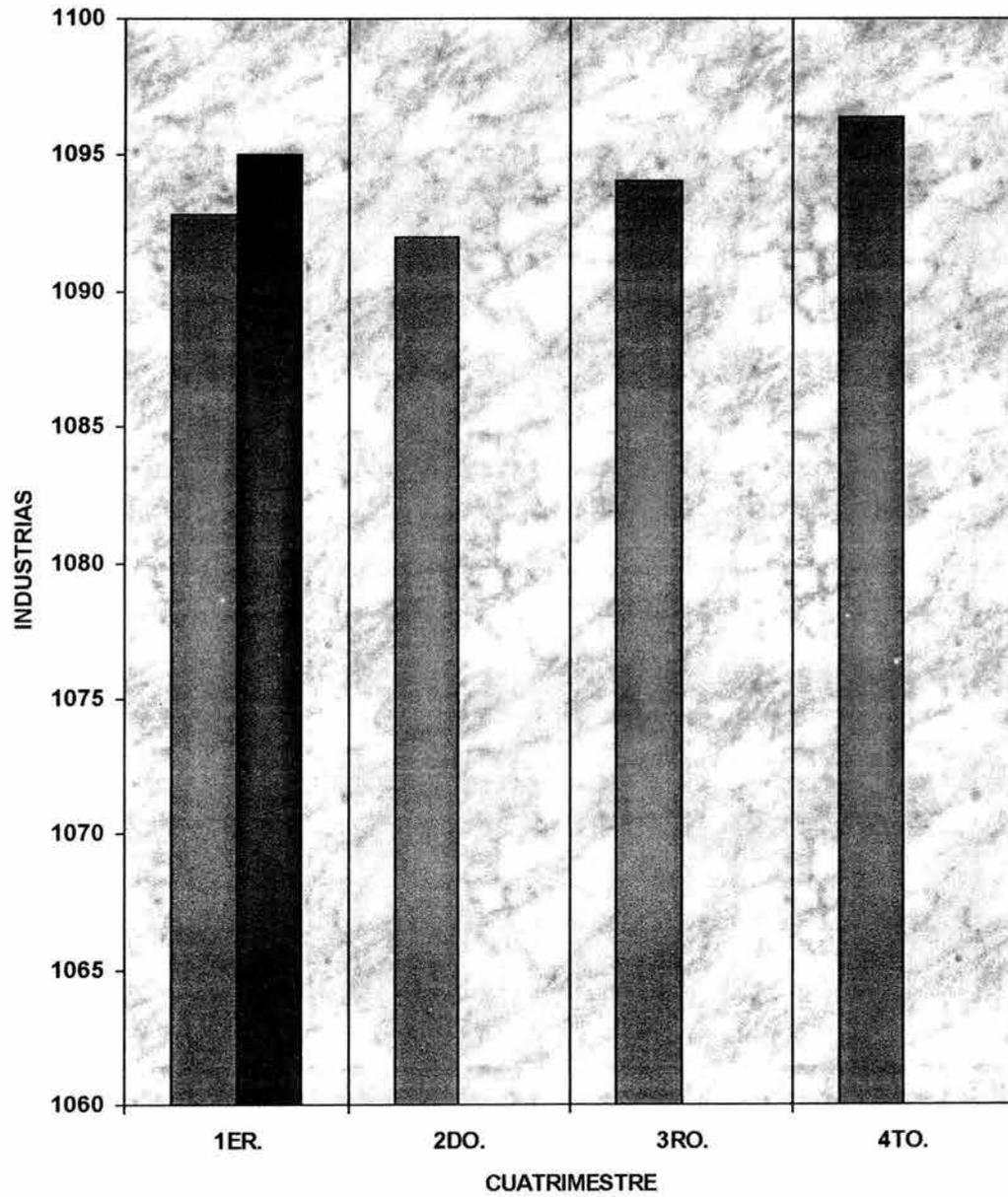
El índice de escalación de costo de 2002, para un año base de mediados de 1968, y un año actual de 2002, se pueden ver en la gráfica siguiente: *

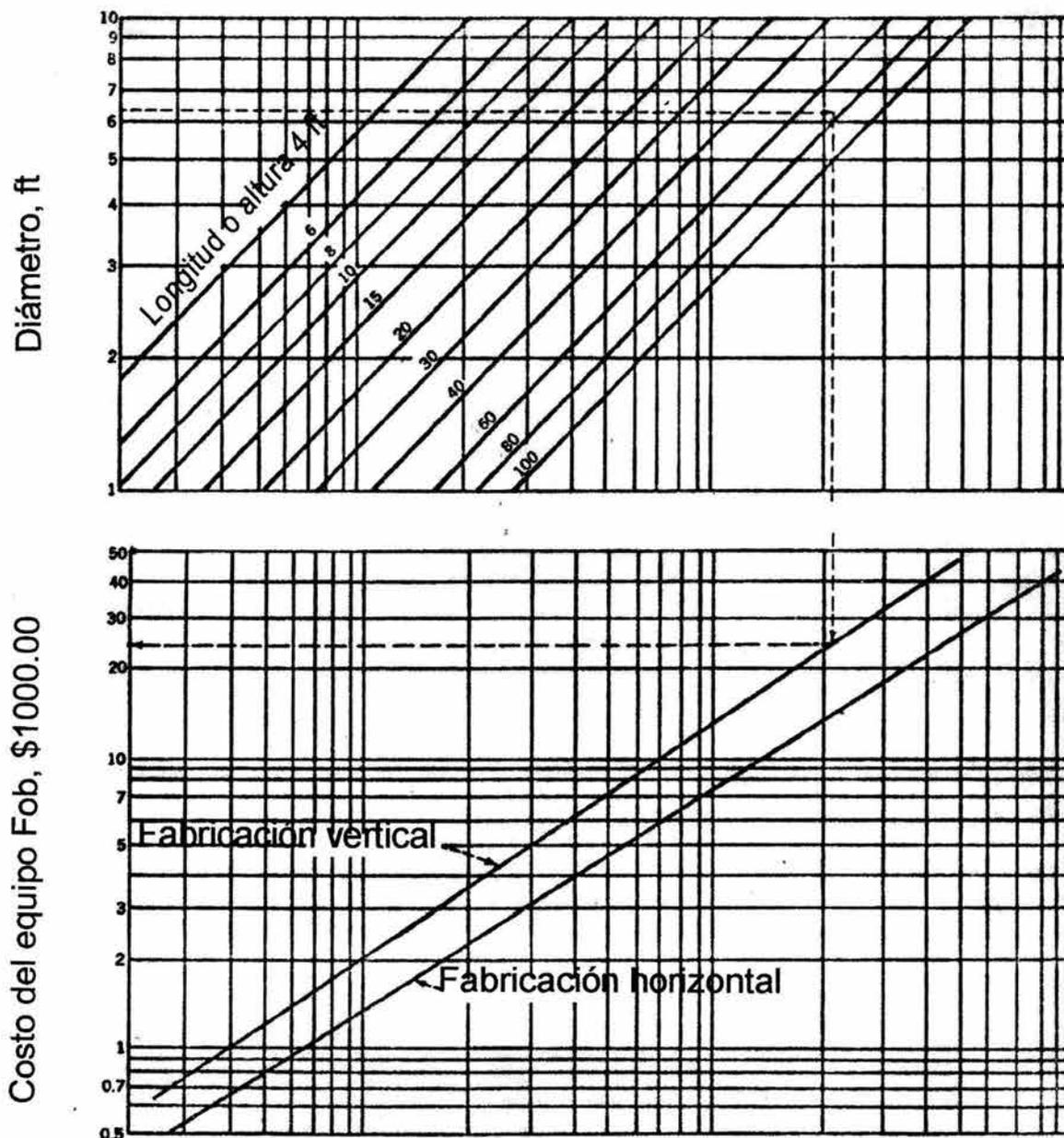
INDICE DE COSTOS DE MARSHAL & SWIFT

	1ER.QTR.2002	4TO.QTR.2001	1ER.QTR.2001	
INDICE DE COSTOS DE M & S	1094.9	1096.4	1092.8	1926=100
Ind.Procesos Promedio	1109.9	1111.0	1106.9	índice anual
Cemento	1099.5	1099.8	1098.4	1968=273.1
Químicas	1090.7	1091.3	1089.4	1994=368.1
Productos de Arcilla	1098.0	1098.7	1095.8	1995=381.1
Vidrio	1019.9	1020.7	1020.0	1995=381.1
Pintura	1112.3	1113.3	1111.8	1996=381.7
Papel	1060.1	1061.0	1056.3	1997=365.5
Productos de Petróleo	1162.9	1165.4	1153.9	1998=389.5
Hule	1179.7	1180.2	1180.9	1999=390.6
Industrias Afines				2000=394.1
Generadoras de Electricidad	982.8	983.5	991.5	
Minería y Molienda	1136.5	1135.1	1127.7	
Refrigeración	1309.7	1309.8	1304.8	
Generadoras de Vapor	1061.3	1062.5	1063.2	

* Chemical Engineering April 2002

INDICE DE COSTOS PARA EL EQUIPO DE M & S





Información requerida

- Diámetro, ft
- Longitud, ft
- Presión de diseño, psig.
- Material del cuerpo
- Fabricación horizontal o vertical.
- Bases de gráfica
- Material, acero al carbón
- Presión de diseño 50. psig.
- Boquillas y registros hombre
- Código de diseño y construcción ASME.
- Fabricación en taller.

Tiempo base

- Año -1968
- Exponente constructivo vertical 0.65
- Exponente constructivo horizontal 0.60

Incluye

- Equipo vertical cuerpo y dos tapas
- Boquillas y registros faldón, anillos base y patas para soporte.
- Soporte de platos horizontal
- cuerpo y dos tapas
- Boquillas y registros
- 2 silletas

GRAFICA 13.1 COSTO DE RECIPIENTES A PRESIÓN

Costo base en USD recipientes a presión: $[\text{Costo Base} * F_m + F_p] * \text{Índice de costo al 2002}$.

Factor de material (Fm)

	Fm	Fm
Material del cuerpo	CLAD	SÓLIDO
Acero al carbón	1.00	1.00
Acero inoxidable 316	2.25	3.67
Monel	3.89	6.34
Titanium	4.23	7.89

Factor de presión (Fp)

Presión en	PSI	Fp
Hasta	50	1.00
	100	1.05
	200	1.15
	300	1.20
	400	1.35
	500	1.45
	600	1.60
	700	1.80
	800	1.90
	900	2.30
	1000	2.50

Relaciones fundamentales para el estimado de costos en forma modular de los recipientes de proceso, son:

- Ciertas relaciones clave entre los costos de los elementos primarios desarrolladas es esta etapa. Son esenciales para una rápida conjunción de los estimados que son parte del análisis.
1. El factor material, indica la relación entre el costo total del equipo (E) y los materiales totales de campo asociado con el equipo (m). Este factor incluye todos los costos directos de los materiales.
 2. El factor de trabajo, incluyendo todo el trabajo requerido en campo para la instalación del equipo y todos los materiales para montaje en campo (L) dependiendo generalmente de la relación de trabajo y el material de construcción (L/M).
 3. El factor de costo directo (M&L) relativo a FOB (libre a bordo), que incluye el costo de los materiales y el costo del trabajo (mano de obra) para el montaje del equipo en el sitio asignado.
 4. El factor de costo indirecto, incluye todos los elementos de costo asociados con el equipo como son; transporte, seguros, impuestos, supervisión, contratistas, etc.
 5. Factor de módulo sin revestimiento, incluye todos los elementos de costo directos e indirectos y se usa como un multiplicador del costo de equipo.
 6. Factor de módulo total, representa todos los costos estimados sin revestimiento más las contingencias consideradas como necesarias para ajustar términos no listados.

Factor modular normal para montaje en campo para los recipientes separadores, en fabricación vertical y horizontal se muestra en la tabla 13.2 y 13.3. Todos los valores están en porciento del costo básico del equipo.

Tabla 13.2 Factor modular para montaje en campo de recipientes separadores fabricados verticalmente

Módulo	vertical
Costo base en dólares (100,000.00)	4 a 6
Costo del equipo (E) FOB	100.00
Tubería	59.50
Concreto	9.80
Acero al carbón	7.80
Instrumentos	11.40
Instalaciones eléctricas	4.90
Aislamiento	8.00
Pintura	1.30
Materiales de campo (m)	102.70
Materiales directos $M=(E+m)$	202.70
Materiales de montaje	83.20
Montaje de equipo	14.00
Trabajo directo en campo (L)	97.20
Costos directos M&L	299.90
Transporte, seguros e impuestos	8.00
Costos indirectos	98.90
Módulo de costo sin revestimiento	406.80
Relación L/M	0.47
Factor de material	2.03
Factor de costos directos M&L	3.00
Factor de costos indirectos	0.33
Factor modular (normal)	4.07

Nota: Todos los datos están basados en un porciento del costo de equipo (E) y el costo en dólares del equipo construido en acero al carbón

Tabla 13.3 Factor modular para montaje en campo de recipientes separadores fabricados horizontalmente

Módulo	horizontal
Costo base en dólares (100,000.00)	4 a 6
Costo del equipo (E) FOB	100.00
Tubería	37.90
Concreto	6.00
Acero al carbón	-
Instrumentos	6.00
Instalaciones eléctricas	5.00
Aislamiento	5.00
Pintura	0.50
Materiales de campo (m)	62.20
Materiales directos $M=(E+m)$	162.20
Materiales de montaje	50.40
Montaje de equipo	7.70
Trabajo directo en campo (L)	58.10
Costos directos M&L	220.30
Transporte, seguros e impuestos	8.00
Costos indirectos	72.70
Módulo de costo sin revestimiento	301.00
Relación L/M	0.35
Factor de material E+m	1.62
Factor de costos directos M&L	2.20
Factor de costos indirectos	0.33
Factor modular (normal)	3.01

Nota: Todos los datos están basados en un porciento del costo de equipo (E) y el costo en dólares del equipo construido en acero al carbón.

13.3 Método de cálculo de costo de separadores vapor-líquido basado en el peso propio

El segundo método para el cálculo del costo de recipientes separadores es el basado en el peso propio de los equipos.

Es necesario conocer el peso del recipiente bajo tres condiciones: peso vacío, peso lleno de agua y peso en operación. El peso en vacío es necesario para quienes van a instalar el recipiente o para los fabricantes que quieren estimar su costo. El peso en operación o peso lleno de agua, el que sea mayor, se utiliza para el cálculo de los soportes así como la cimentación o estructura que va a soportar al recipiente.

El peso vacío del recipiente se obtiene calculando el peso del cuerpo cilíndrico y el de las cabezas separadamente y luego adicionando el peso de las boquillas y accesorios, como anillos de refuerzo, soportes, aislamiento, escaleras, etc.

El peso del cuerpo cilíndrico se puede calcular, encontrando el volumen del material y multiplicando por el peso específico del mismo; o también calculando el área lateral del cilindro y luego multiplicando por el peso del material por unidad de área.

El peso específico del acero al carbón es de 490 Lb / ft³ y el peso por unidad de área se encuentra en la tabla 13.4 para varios espesores de placa. Para los aceros inoxidables serie 300, éste peso debe de multiplicarse por 1.02 y para la serie 400 por 0.98

Tabla 13.4

Espesor Pulg.	3/16	1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	9/16	5/8	11/16	3/4	13/16	7/8	15/16	1
Peso Lb/pie ²	7.65	10.2	12.8	15.3	17.9	20.4	23.0	25.5	28.1	30.6	33.2	35.7	38.3	40.8

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

Al calcular un recipiente cilíndrico horizontal por presión interna, es necesario realizar independientemente el cálculo del espesor del cuerpo y tapas.

Para el cálculo del espesor del cuerpo cilíndrico usaremos la siguiente ecuación de acuerdo al código ASME Sección VIII.

$$t = \frac{P R}{S E - 0.6 P} + C \dots\dots\dots 13.1$$

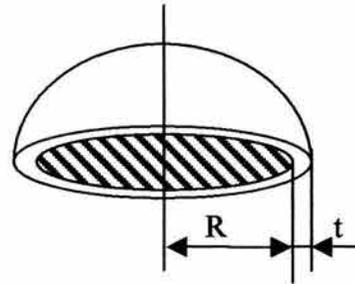
$$P = \frac{S E t}{R + 0.6 t} \dots\dots\dots 13.2$$

- Donde:
- D = Diámetro interior en pulgadas
 - t = Espesor mínimo requerido en pulgadas
 - P = Presión de diseño en Lb / in²
 - R = Radio interior en pulgadas
 - E = Eficiencia de soldaduras, normalmente es 0.70, 0.85 ó 1.0
 - Para las uniones del cuerpo normalmente utilizaremos 0.85 de eficiencia y 1.0 para la unión entre cuerpo y tapas
 - S = Esfuerzo máximo permisible a tensión del material seleccionado para fabricar el recipiente, a la temperatura de diseño
 - C = Tolerancia por corrosión del equipo en pulgadas, normalmente es 1/8 in ó 1/16 in
 - L = Radio interior de la corona en pulgadas
 - M = Factor de tabla 13.5
 - R = Radio interior de transición en pulgadas

Una vez calculado el espesor del cuerpo del recipiente separador se selecciona un espesor comercial. Para el cálculo del espesor de las tapas de los recipientes separadores sometidas a presión interna usaremos las siguientes ecuaciones de acuerdo al tipo de tapas y al código de diseño ASME Sección VIII para tapa semiesférica.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} + C \dots\dots\dots 13.3$$

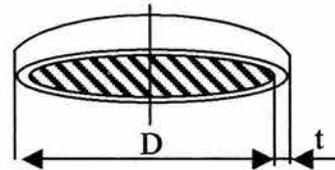
$$P = \frac{2SEt}{R + 0.2t} \dots\dots\dots 13.4$$



Para tapa semielíptica 2:1

$$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P} + C \dots\dots\dots 13.5$$

$$P = \frac{2SEt}{D + 0.2t} \dots\dots\dots 13.6$$



Para tapa toriesférica

$$t = \frac{PLM}{2SE - 0.2P} + C \dots\dots\dots 13.7$$

$$P = \frac{2SEt}{LM + 0.2t} \dots\dots\dots 13.8$$

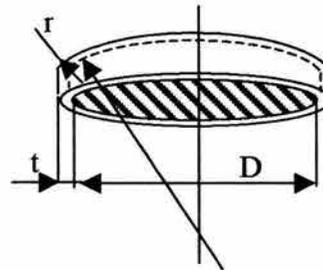


TABLA 13.5

Factor	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	M	1.39	1.41	1.44	1.46	1.48	1.50	1.52	1.54	1.56	1.58	1.56	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.7

Una vez calculado el espesor de las tapas, se selecciona un espesor comercial y con este ya se puede calcular el peso de cualquier tipo de tapa.

El peso de la cabeza se calcula con la siguiente ecuación:

$$W_{2c} = \frac{\pi d^2 t}{4} * \frac{\rho_{ac.carbon}}{1728} \quad [=] \quad lb \dots\dots\dots 13.9$$

Donde:

- $\pi = 3.1416$
- d = Diámetro del recipiente
- t = Espesor de las tapas del recipiente en in
- ρ = Densidad del acero al carbón 490 lb / ft³
- 1728 = Constante para conversión de 1728 in³ igual a 1 ft³

Como el peso calculado anteriormente es calculado para una tapa se debe multiplicar por el de las dos tapas.

$$W_{2c} = 2 * W_{2c} \dots\dots\dots 13.10$$

Una vez que ha sido calculado el espesor del cuerpo del recipiente separador, se calcula el peso del recipiente de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$W_c = \frac{\pi * D * H * t * \rho_{ac.carbon}}{1728} \dots\dots\dots 13.11$$

Donde: D = Diámetro interior en pulgadas
H = Altura tangente / tangente del recipiente separador en pulgadas
t = Espesor del recipiente separador en pulgadas
1728 = Constante para conversión de 1728 in³ a 1 ft³
ρ = Densidad de acero al carbón lb / ft³
Wc = Peso del recipiente separador en libras

Las boquillas y las bridas pueden aumentar considerablemente el peso de un recipiente. Sus pesos se obtienen de los catálogos de los fabricantes (Tylor Forge, Ladish etc.) y de otras partes como, piernas, ménsulas y silletas pueden calcularse.

También se le debe de aumentar un cierto porcentaje por el peso de la soldadura pero nosotros consideramos un 15% por todos los conceptos mencionados anteriormente.

$$W_{ac} = 15\% W_c \dots\dots\dots 13.12$$

Wac = Peso de los accesorios en libras

El peso total es igual a la suma del peso de las dos tapas más el peso del cuerpo y accesorios.

$$W_t = W_c + W_{2c} + W_{ac} \dots\dots\dots 13.13$$

El peso total (Wt) deberá ser multiplicado por el costo por kilo del acero al carbón.

$$CostoTotal = W_t * Costo de Ac. al Carbón$$

El precio del acero al carbón por kilo es de 12.00 Pesos (Diciembre 2002)

O bien el cálculo del peso del equipo se calcula basándose en la tabla 13.4 para acero al carbón, una vez conocido el espesor del recipiente, el peso del recipiente se calcula conforme a la siguiente ecuación:

$$W_c = \pi * D * H \dots\dots\dots 13.14$$

Donde: D = Diámetro en pies
H = Altura tangente / tangente en pies

Y de la tabla 13.5 se toma un peso de placa en base al espesor del calculado (comercial) del recipiente.

$$W_c = \pi * D * H * Peso de Placa \dots\dots\dots 13.15$$

Más un 15% en peso por peso de boquillas, bridas, silletas, soldaduras, etc.

$$W_{ac} = 15\% W_c \dots\dots\dots 13.16$$

Wac = Peso de los accesorios en libras

El peso de las tapas se calcula en base a la tabla 13.5 para acero al carbón, una vez conocido el espesor de las tapas.

$$W_{2c} = \frac{\pi}{4} D^2 * 2 \dots\dots\dots 13.17$$

Donde: D = Diámetro en ft

Y de la tabla 13.5, se toma un peso de placa basándose en el espesor del calculado (comercial) de las tapas.

El peso total es igual a la suma del peso de las dos tapas, más el peso del cuerpo y accesorios.

$$Wt = Wc + W2c + Wac \dots\dots\dots 13.18$$

El peso lleno de agua, se calcula sumando al peso en vacío del recipiente separador, el peso del agua que puede contener y para esto es necesario calcular el volumen total del recipiente y luego multiplicarlo por el peso específico de agua (62.37 lb / ft³). El volumen del recipiente es igual al volumen del cuerpo (cilíndrico circular recto) más el volumen de las cabezas, el cual se puede calcular aproximadamente de las siguientes ecuaciones.

El volumen para las tapas torisféricas (ASME F&D)

$$V = 0.000049 (di^3) \dots\dots\dots 13.19$$

El volumen para las tapas semielípticas (Relación 2:1)

$$V = 0.000076 (di^3) \dots\dots\dots 13.20$$

Donde: di = Diámetro interno en pulgadas
V = Volumen de la cabeza sin incluir la ceja recta, en pies cúbicos

El volumen para el cuerpo cilíndrico lleno de agua:

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 * H * 62.37 \frac{lb}{ft^3} \dots\dots\dots 13.21$$

Donde: D = Diámetro interno en pies
H = Altura tangente / tangente en pies
V = Volumen en pies cúbicos

$$\begin{matrix} \text{El peso total} & & \text{Peso vacío} & & \text{Peso de dos tapas} & & \text{Peso de recipiente} \\ \text{del recipiente} & = & \text{total} & + & \text{llenas de agua} & + & \text{lleno de agua} \end{matrix}$$

El peso en operación es igual al peso en vacío del recipiente más el peso del líquido al nivel de operación más el peso de cualquier otro equipo o elemento sujeto al cuerpo (agitador, etc.).

13.4. Ejemplo para el cálculo del costo de un recipiente, separador vapor-líquido en posición horizontal, basado en la técnica modular, pero solamente considerando la construcción.

DATOS DE DISEÑO:

Presión de diseño =	7.0 Kg /cm ² (g) 100.00 Lb / in ² (g)
Diámetro =	6.5 ft (1.9812 mt)
Longitud tangente /tangente =	16.0 ft (4.8768 mt)
Relación longitud /diámetro =	2.460
Tiempo de residencia =	29.02 minutos
Espesor del cuerpo =	5/16" (7.93 mm)
Material de construcción =	SA-203 Gr D (Acero al carbón)

De acuerdo a la gráfica 13.1; el costo del equipo es: 4400.00 dólares a el año de 1968, que incluye el cuerpo, las dos tapas, boquillas, registros y dos silletas.

De acuerdo a la tabla 13.3, se deben incluir, solamente materiales directos.

El modular (M) normal es igual a 0.1622 de acuerdo a la tabla 13.3.

$$\text{El costo base del Rec. Horizontal.} = 4400.00 * 1.1622 = 5113.68 \text{ USD}$$

El costo base del Rec. Hor.	= 5113.68 USD	*	Factor del (Fm) material cuerpo	*	Factor de pre-sión. (Fp) interna	*	Índice de escalación de costo al 2002	= 5113.68 USD	*	1.0	*	1.05	*	4.04	= 21,692.50 USD
-----------------------------	---------------	---	---------------------------------	---	----------------------------------	---	---------------------------------------	---------------	---	-----	---	------	---	------	-----------------

Si a diciembre del 2002 el tipo de cambio peso dólar es de 12.00, el costo del Rec. Hor. = 260 307.00 pesos mexicanos.

13.5. Ejemplo para el cálculo del costo de un recipiente separador vapor-líquido en posición vertical, basado en la técnica modular, pero solamente considerando la construcción.

Datos del diseño:

Diámetro =	4.5 ft (1.3716 mt)
Longitud tangente / tangente =	12.8667 ft (3.9217 mt)
Relación longitud / diámetro) =	2.86
Espesor del cuerpo =	3/8 in (8.98 mm)
Espesor de tapas =	3/8 in (8.98 mm)
Material de construcción =	SA-285 Gr C (Acero al carbón)
Presión de diseño =	7.0 Kg / cm ² (g) (100 lb / in ² (g))

De acuerdo a la gráfica 13.1, el costo del equipo es 4000.00 dólares al año de 1968, que incluye el cuerpo, las dos tapas, boquillas, registros y patas.

De acuerdo a la tabla 13.2, se deben de incluir solamente materiales directos.

El factor modular (M) normal es igual a 2.0270 de acuerdo a la figura 13.1.

El costo base del Recipiente Vertical = 4000.00 * 2.0270 = 8108.00 USD.

El costo base del Rec. Ver. = 8,108.0 USD	*	Factor del material cuerpo (Fm)	*	Factor de presión. (Fp) interna	*	Índice de escalación de costo al 2002	=	8,108.0 USD	*	1.0	*	1.05	*	4.04	=	32,756.00 USD
---	---	---------------------------------	---	---------------------------------	---	---------------------------------------	---	-------------	---	-----	---	------	---	------	---	---------------

Si a diciembre del 2002 el tipo de cambio peso dólar es de 12.00

El costo base del recipiente vertical = 32,756.00 USD * 12.00 = 393,072.00 pesos mexicanos.

CAPITULO 14

MÉTODOS DE FABRICACIÓN DE RECIPIENTES DE PROCESO

Los procedimientos de fabricación han sufrido una selección técnico-económica a través del tiempo, que ha conducido a una disminución de uso de los métodos como el remachado y el engargolado, dando paso a procedimientos de unión por soldadura, sobre todo de arco, usando un material de agregación o aporte. Para algunas piezas, como las tapas sujetas con tornillos o bridas, se utilizan procesos como el vaciado o el forjado, afinando las superficies en contacto mediante el maquinado.

En general, el procedimiento de fabricación está relacionado con las propiedades del material de construcción del recipiente y con las características de la pieza a fabricar y no debe ser seleccionado después del diseño. En recipientes, la soldadura continúa siendo el proceso más común para el cilindro y las tapas, aunque éstas últimas se someten después al formado por presión en caliente o en frío; eventualmente se utiliza el forjado de cilindros de pequeño diámetro y espesor alto, o bien, se recurre a la construcción de recipientes multicapas.

El maquinado es un procedimiento caro y se utiliza en aquellas piezas que así lo justifican. Generalmente se trata de accesorios cuya tolerancia en dimensiones es muy pequeña como: caras de bridas, bushings, caras internas y externas de rodamientos, flechas, etc. En la unión de cuerpo y tapas, el remachado ha dejado su lugar totalmente a la soldadura y comparte su aplicación con la unión atomillada, aunque con gran ventaja de ésta. La unión atomillada limita su uso a recipientes que requieren de mantenimiento continuo en los que la tapa sirve a la vez de cierre y de boquillas de servicio o entrada de hombre.

En materiales no metálicos, los procedimientos de fabricación son extremadamente variados y van, desde el fraguado en el caso de barro y concreto, hasta el depósito y acumulación de capas sucesivas en el caso de las resinas sintéticas. En estos casos se hace necesario fabricar especímenes de prueba para conocer las propiedades esenciales en el diseño, debiendo conservar durante la construcción, condiciones de trabajo semejantes. La fabricación de este tipo de materiales presenta en general algunos problemas, debido sobre todo a la alta variación de las propiedades finales, como consecuencia del cambio de condiciones, como: cantidad de cada componente, concentración, temperatura de reacción, espesor de la pieza, tiempo y superficie de exposición, etc.

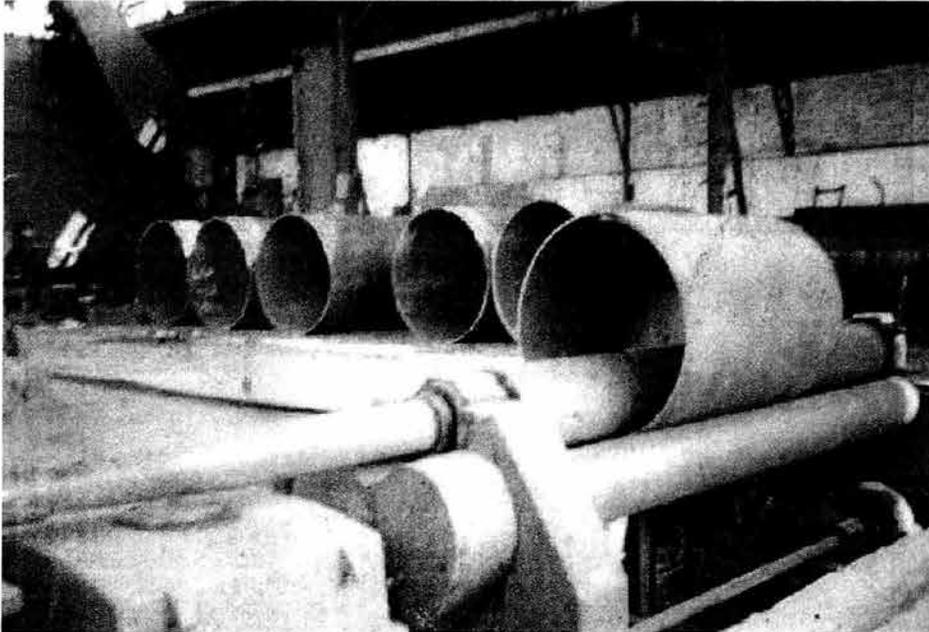
En general, en el procedimiento de fabricación, una de las primeras etapas en la fabricación de un recipiente es comúnmente la preparación del rolado de la placa, ya que se requiere la unión de varias placas individuales para la fabricación del cuerpo del recipiente, pero el borde de la placa requiere de una preparación para poder soldar; así como el uso de un código de soldadura. La siguiente etapa es usualmente el doblado del borde de la placa, la cual va a ser soldada en forma longitudinal.

Por otro lado, si las placas no se prepararan para unir las, se obtendrían uniones menos resistentes, tales como las uniones a tope sin bisel y sin cintas de retención o las uniones a traslape con filete.

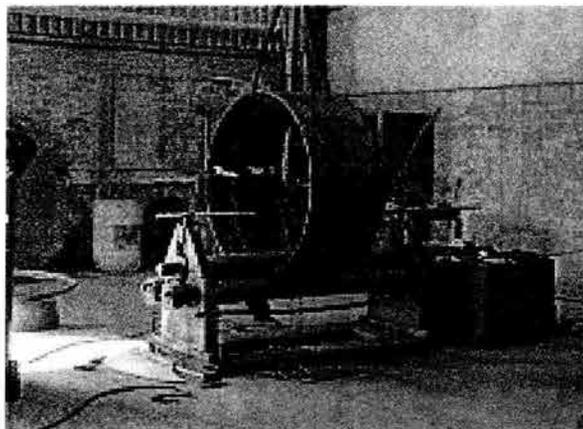
Si las piezas se preparan por corte o esmerilado (bisel) antes de efectuar la unión, se obtendrían juntas con mayor eficiencia. Aparecen más variedades si se practica un doble bisel para favorecer el depósito en placas cuyo espesor lo permita. La resistencia de las uniones soldadas, varía según el tipo de unión, de preparación de las piezas a unir, el procedimiento para el depósito, el material depositado, y aún la seguridad que proporciona algún procedimiento de inspección practicado sobre la pieza fabricada. Es un requisito adicional que se practique la calificación del procedimiento de soldadura y del soldador que efectuará el trabajo.

Por último se realizarán todas las pruebas que apliquen en el recipiente, tal como la de radiografiada, la hidrostática, la neumática, relevado de esfuerzos, etc.; posteriormente se coloca la instrumentación necesaria y accesorios, para que el recipiente funcione bien dentro de la planta de proceso.

En las siguientes fotografías se muestran algunas etapas de la fabricación de los recipientes separadores vapor-líquido.



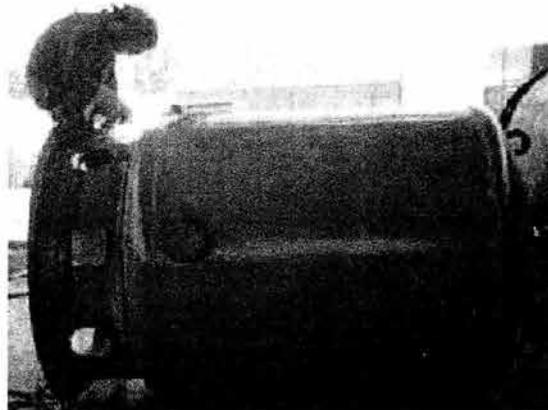
En la fotografía 14.1 se muestra el rolado de placa de los recipientes.



En la fotografía 14.2 se muestra la preparación de placa para soldar los recipientes.



En la figura 14.3 se muestra el soldado de los recipientes separadores.



En la figura 14.4 se muestra el acabado de los recipientes separadores.

CAPITULO 15

PROCEDIMIENTO DE COMPRAS PARA LOS RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO.

15.1. Generalidades.

El diseño de equipo debe de entenderse como un proceso, es decir como un conjunto de actividades de índole diversas que se realizan con un orden lógico bien establecido, que va desde el diseño mediante cálculos técnicos detallados y confiables desde un punto de vista termodinámico y mecánico, que incluye también la selección de materiales, la fabricación del equipo diseñado, así como un método de procuración basado en el diseño.

El proceso de diseño de los tanques separadores en si esta constituido por varias etapas de cálculo, en las cuáles reciben la acción de los procesos administrativos y de soporte.

Por ejemplo en una organización de ingeniería, el ingeniero de proceso calcula principalmente; la longitud, diámetro, selecciona materiales de construcción aislamientos, etc., el ingeniero mecánico calcula espesor el equipo, soporte, localización y proyección de conexiones, además de la elaboración del dibujo mecánico del equipo, el ingeniero de instrumentación determina parcialmente la localización de las boquillas, departamento administrativo plantea los tiempos de diseño y el costo del equipo y el departamento de compras conjuntamente con la gerencia de Ingeniería, ejecuta la compra definitiva del separador al proveedor seleccionado, tanto técnicamente, como económicamente.

En la etapa inicial se plantean todos los problemas de diseño del equipo en función de las necesidades del proceso, la segunda etapa consiste en establecer las especificaciones de diseño que consiste en establecer las especificaciones de diseño que consiste en enumerar cualitativamente y cuantitativamente los requerimientos de todo tipo, técnicos de costo, de fabricación y de control de calidad del producto, que incluye los dibujos detallados de ensamble de equipo dimensionado, para ello es necesario considerar los siguientes aspectos; elementos constitutivos del equipo, método de fabricación y ensamble, tolerancias de construcción y pruebas.

15.2. La función del departamento de compras: de una firma de ingeniería es la de ayudar a producir utilidades a la empresa.

El departamento de compras es un grupo de la administración de la empresa de profesionales y especialistas expertos en la obtención de equipos, materiales abastecimientos y servicios requeridos por todos los demás grupos de la compañía.

15.3. Las responsabilidades del departamento de compras son:

Su primera y más importante obligación es la integridad al gastar su presupuesto. Es responsable también de la búsqueda activa y la diseminación de las ideas y sugerencias concierne al ahorro en costo o al mejoramiento de productos disponibles de las fuentes de aprovisionamiento de que se trate (recipientes separadores, materiales y otros)

La ejecución apropiada de la función de comprar el equipo es vital para la operación fluida de muchos otros departamentos de la compañía.

15.4. Los objetivos de la procura son:

15.4.1 La reducción de costos u obtención de utilidades

15.4.2 Control de los compromisos financieros

15.4.3 Control de negociaciones

15.4.4 La provisión de información y asistencia en el campo especializado de compras, a la administración de grupos. (departamento de proceso, mecánico, instrumentación, etc.)

15.5. El alcance del trabajo de compras.

El alcance y la responsabilidad del departamento de compras se inicia en el momento en que solicita la compra de los recipientes separadores y materiales a través de la perspectiva de la requisición y termina cuando dicho equipo o material ha sido recibido a la entera satisfacción en el lugar de trabajo.

A efecto de cumplir con lo anterior la procuración de equipo y materiales se puede dividir en las siguientes áreas de responsabilidad.

- A. Departamento de compras de rutina
- B. Departamento de compras técnicas.
- C. Departamento de inspección y tráfico.

Las labores de adquisiciones dentro de proyectos se inician a partir de la recepción de la requisición de recipientes de proceso hasta la colocación de su pedido y obtención de la información final certificada de los proveedores.

Los pasos o etapas que involucra la compra de un recipiente separador se indican a continuación, a través de la siguiente terminología.

15.6 Terminología utilizada en la procuración de los tanques separadores.

1. **Concurso:** Es la invitación formal a diversos fabricantes separadores o proveedores para que presente su propuesta a este equipo en particular, materiales, accesorios e internos dados, dicho concurso se lleva a través de una fecha límite conocida como fecha de cierre de concurso en la cual se deben presentar las ofertas referentes a los recipientes separadores.
2. **Requisición:** Es el documento en el que se describen los recipientes separadores, materiales y accesorios que se desean adquirir, normalmente, se acompaña de hojas de datos, especificaciones generales y diagrama mecánico.
3. **La solicitud de cotización:** Es el conjunto de documentos, tales como la requisición, hoja de datos, hoja de términos y condiciones de cotización, normas, etc., que se les entrega a los proveedores que se invita a cotizar los tanques separadores.
4. **Hoja de términos y condiciones de compra:** Es el documento que acompaña a la solicitud de cotización en la cual se indica a los proveedores los requerimientos, condiciones y datos que se deberán de presentar con su cotización.
5. **Cotización:** Es la información enviada por los proveedores al departamento de compras de una firma de ingeniería o al personal encargado de la procuración en cualquier giro industrial, conteniendo los datos técnicos y comerciales requeridos con la solicitud de cotización.
6. **La tabla comparativa o tabulación:** Es la comparación física de las distintas ofertas presentadas por los concursantes. Generalmente existen dos tipos de tabulaciones.
 - 6.1.1 **Tabulación comercial:** Es la tabla comparativa de precios y condiciones comerciales de los proveedores preparadas por el departamento de compras.
 - 6.1.2 **Tabulación técnica:** Es la tabla comparativa de datos técnicos preparadas por el departamento técnico (proceso o departamento de recipientes mecánico).

7. **Dictamen de selección:** Es el documento en el cual se explican con claridad y precisión las razones por la que se escoge a determinado fabricante o proveedor de los recipientes separadores.
 8. **Carta de intención:** Es el documento preparado por el departamento de compras y entregado al proveedor seleccionado para amparar la compra y autorizar la fabricación de los recipientes separadores en el cual se le notifica su elección con el fin de que se proceda a iniciar los trabajos que se le autoricen hasta cierto límite.
 9. **Orden de compra o pedido:** Es el documento final u oficial así, como la confirmación de la carta de intento, que ampara la compra de los recipientes separadores.
 10. **Expeditación:** Consiste en activar o acelerar la entrega oportuna de los tanques de proceso, materiales y accesorios, así como la información adecuada por parte de los proveedores.
 11. **Suplemento a la carta de intento y / o al pedido u orden de cambio:** Es el documento que se edita para modificar o cancelar el pedido original así como adicionar partidas a dicho pedido.
- 15.7. Elaboración del procedimiento de compras para los recipientes separadores vapor-liquido.**

Una vez que ya se conoce la cantidad total de recipientes separadores y otros equipos, el departamento de compras, elabora un procedimiento de compras, en donde se indica en forma en la que se llevarán a cabo todas las actividades de compras de los equipos, con asignación de recursos (personal) para cumplir con el tiempo de entrega del equipo, para su posterior montaje.

- 15.8. Después de efectuar el procedimiento de compras,** se procede a elaborar el programa de compras, que consiste en indicar los tiempos aproximados que se requieren para desarrollar cada una de las actividades de compras del concurso.

A continuación indicamos los tiempos aproximados que se requieren para desarrollar cada una de las actividades de compras de los recipientes separadores.

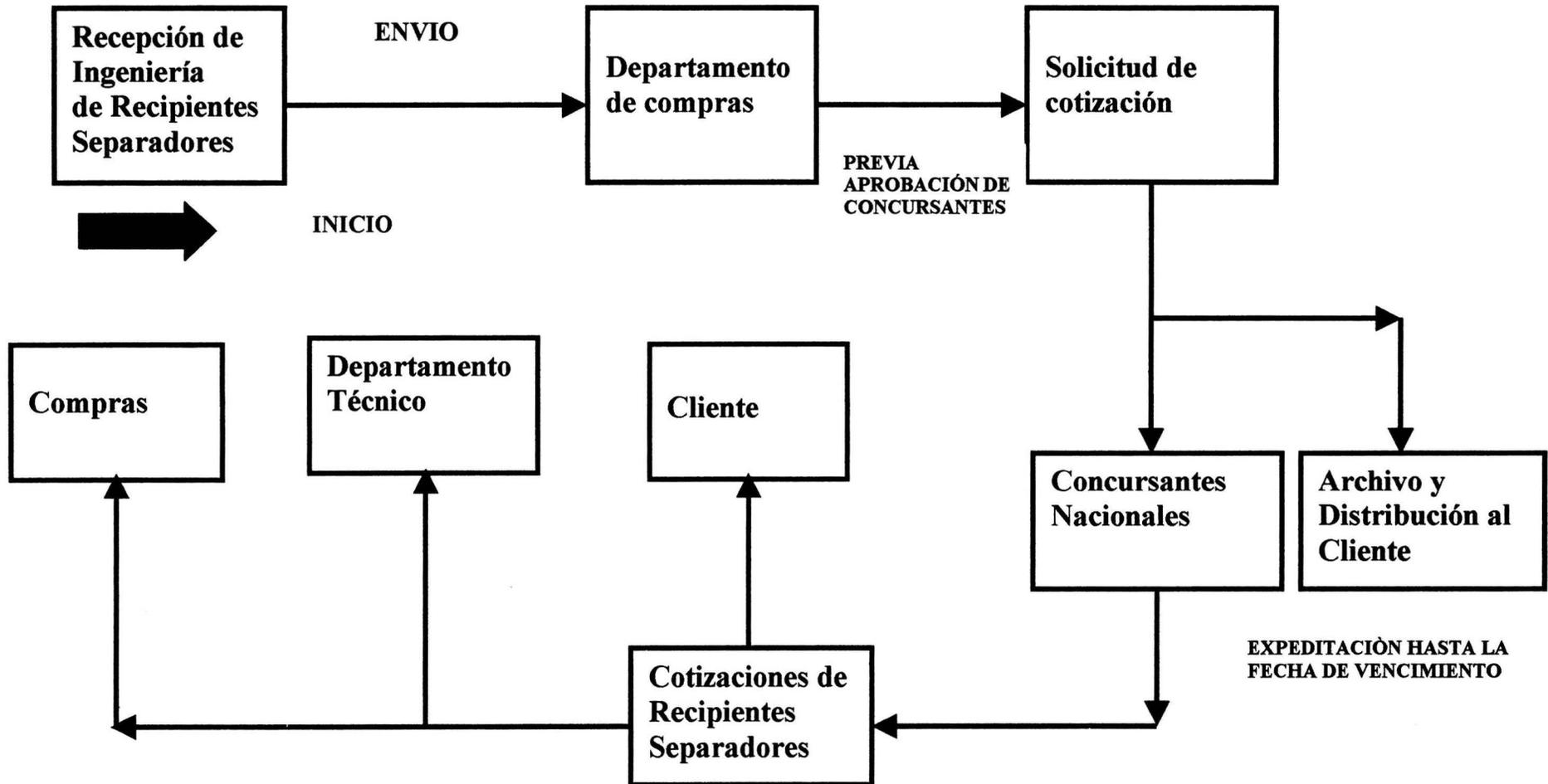
	ACTIVIDADES	TIEMPO
1.	Revisión general de separador.	1 semana
2.	Revisión interdepartamental de equipo. (proceso, tuberías, mecánico e instrumentación).	2 semanas
3.	Aprobación para compra de recipientes.	2 semanas
4.	Elaboración de la solicitud de cotización.	1 semana
5.	Tiempo para cotización de proveedores en concurso nacional, incluyendo la cotización técnica y comercial.	2 a 10 semanas
6.	Elaboración de las tablas comparativas técnicas y comercial.	1 a 4 semanas
7.	Preguntas técnicas y comerciales a proveedores.	2 semanas
8.	Incorporación de aclaraciones a las tablas Comparativas.	1 semana

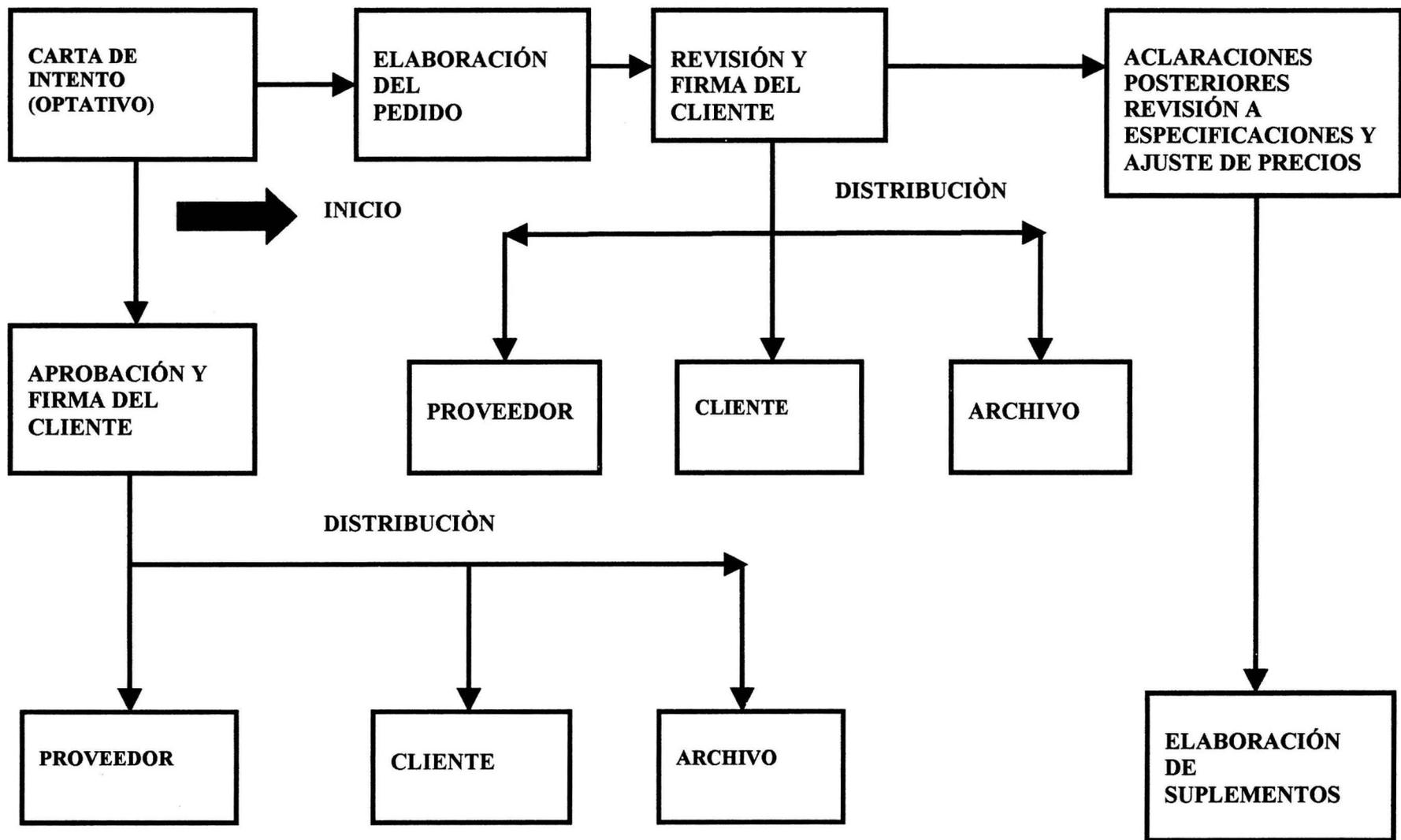
9.	Recomendación del proveedor y aprobación por parte de la gerencia de ingeniería y cliente.	1 a 2 semanas
10.	Dictamen de selección.	1 semana
11.	Colocación de la Carta de intento y pedido.	2 a 4 semanas
12.	Recepción de dibujos para aprobación.	4 a 10 semanas
13.	Aprobación de los dibujos.	2 a 4 semanas
14.	Recepción de dibujos finales.	8 semanas
15.	Recepción de otra información fina, como manuales de operación, documentos de pruebas, etc.	6 semanas

Finalmente con los datos anteriores se elabora el programa de compras, el cuál se muestra a continuación:

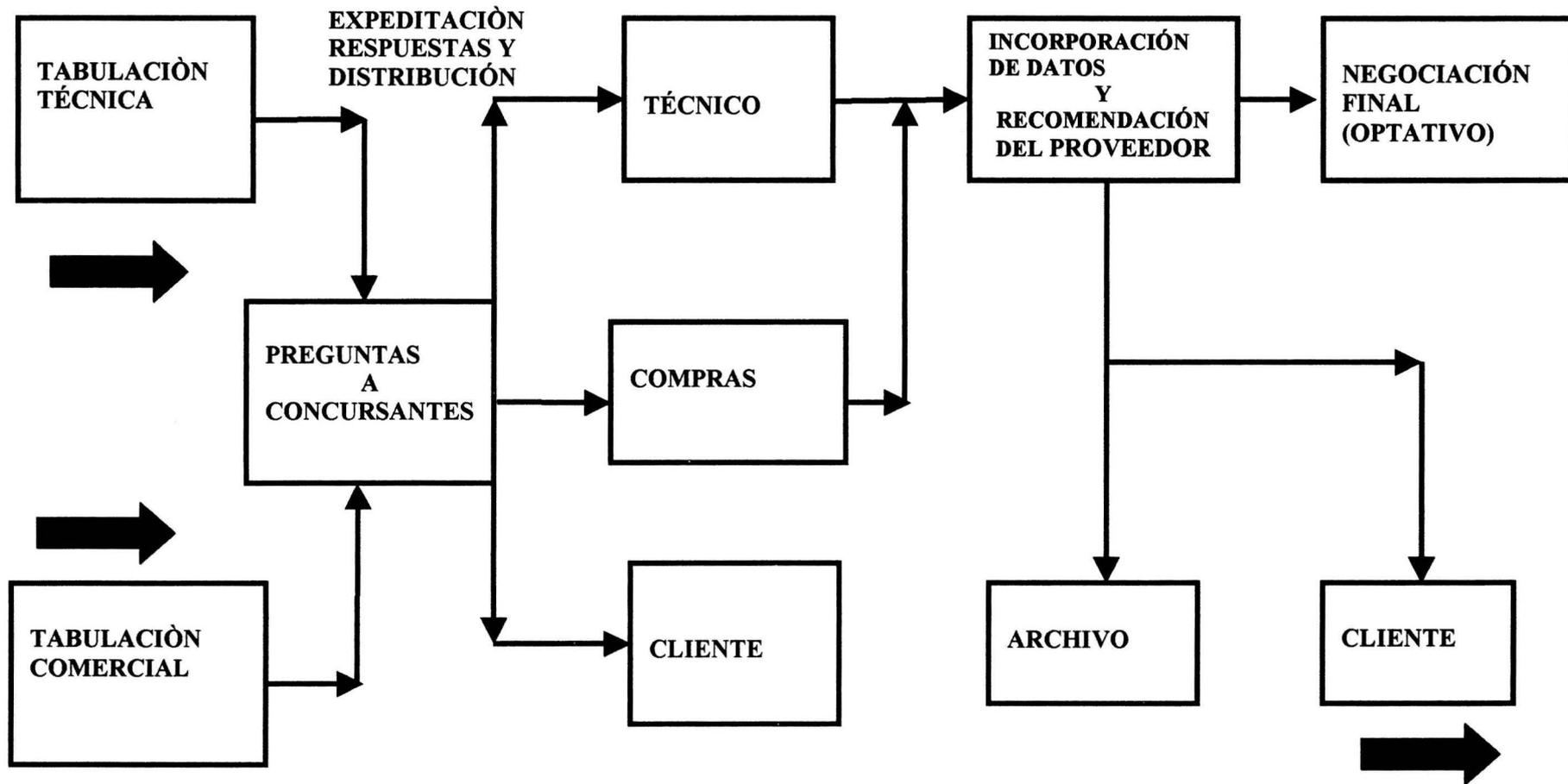
15.9. A continuación se muestra el diagrama de bloques de las distintas actividades que se llevan a cabo, desde la recepción de la requisición de compra de los recipientes separadores emitida por los diferentes departamentos de ingeniería, hasta su etapa final.

1. ACTIVIDADES DE COMPRAS DESDE LA RECEPCIÓN DE REQUISICIÓN HASTA DISTRIBUCIÓN DE COTIZACIONES.





2. ACTIVIDADES DE COMPRAS DESDE LA ELABORACIÓN DE TABULACIONES HASTA LA PREPARACIÓN DE PEDIDOS Y SUPLEMENTOS.



HOJA 01 DE 01

15.10. Definición de términos y condiciones de compra para los recipientes separadores vapor-liquido.

Al solicitar a los proveedores cotización de un equipo dado, se les indica por medio de unas hojas denominadas "Términos y Condiciones de Compra" preparadas de común acuerdo con el cliente al inicio del proyecto, que considere y cumpla con los siguientes puntos:

1. Fecha de entrega de cotización: Se establece en la solicitud de cotización la fecha de cierre de concurso, o sea, el día en que los proveedores invitados deben presentar sus cotizaciones.
2. Precios unitarios y precios totales LAB, (libre a bordo) en la planta del proveedor.
3. Cotizar por separado el costo de fletes y seguros desde la planta del proveedor al lugar que determine el cliente o al sitio de la obra.
4. Tiempo de entrega de dibujos para aprobación a partir de carta de interno
5. Tiempo de entrega de dibujos certificados a partir de dibujos aprobados y / o revisados
Los dibujos preliminares y los dibujos finales certificados deberán ser requeridos a la brevedad posible para que el proyecto desarrolle su ingeniería.
6. Tiempo de entrega de instructivos (manual) de operación, instalación y mantenimiento. Se le indica la forma, la cantidad y el tiempo en que debe de entregarlos (solo si éstos se requieren).
7. Tiempo de entrega del equipo a partir de la carta de intento. Este concepto puede ser decisivo en la recomendación de compra.
8. Condiciones de pago: La forma de pago a los proveedores la determina el cliente y generalmente pueden ser:
La forma de pago a los proveedores la determina el cliente y generalmente pueden ser: neto a 30, 45 o 60 días después de presentación facturas, contra entrega del equipo, con anticipos, con descuentos por pronto pago, etc., se le indica que en caso de aceptar anticipos deberán proporcionar fianza en una aseguradora de confianza para garantizar el buen uso del mismo.
9. Deberán solicitarse que los precios sean fijos sin cláusulas de escalación, y en caso de no obtener precio fijo, podrán aceptarse los términos de escalación que sean más convenientes para el cliente, fijando antes de asignar la carta de intento, las bases de la escalación: fórmula o índice de costos y acordando los porcentajes de material y mano de obra y los costos base de materiales deberán ser negociados por el representante del cliente.
10. Empaque incluido, peso aproximado y dimensiones del mismo.
11. Deberá especificar con claridad la práctica del proveedor en cuanto al proporcionamiento del personal de asistencia técnica para la comprobación, el arranque o reparaciones en la obra e incluirá la cuota de salario diario del personal para este servicio.

12. **Garantía del equipo:** La garantía nos muestra el tiempo durante el cual el proveedor se hace responsable por fallas en su equipo debidas a diseño, mano de obra y materiales.
13. **Vigencia de la oferta:** Generalmente se les exige a los proveedores un mínimo de 60 días para que los precios de su cotización permanezcan invariables.
14. **Declaración de cumplimiento.**
 - 14.1. Se le solicitará al proveedor certifique por escrito que su cotización cumple con las especificaciones técnicas, comerciales y documentos que se acompañan a la solicitud de cotización firmando su cumplimiento.
 - 14.2. En caso contrario, si opta por discordar de alguna parte de las especificaciones, deberá detallar y dar una explicación completa de dichas divergencias.
15. **Partes de repuesto.**
 - 15.1. El proveedor deberá enviar junto con la oferta del equipo principal su cotización de partes de repuesto.
 - 15.2. Podría optarse por solicitar la cotización de las partes de repuesto una vez que se entregue la carta de intento del equipo al proveedor, lo cual será definido por el Se le indicará la forma de empaque por medio de las especificaciones generales, lo cual será indicado en la requisición para compra.
16. Deberá entregar un original y tres copias de su cotización.
17. Deberá entregar su cotización claramente referenciada, con su nombre y el del su representada (si lo hay), nombre y número del proyecto, número de requisición, número de solicitud de cotización, nombre del equipo, fecha de cierre del concurso, etc.
18. Deberá entregar un programa de fabricación.
19. Deberá entregar dibujos, diagramas, documentos y manuales que definan las características de diseño del equipo especificado.
20. **Correspondencia:** Se indicará que las propuestas, toda la información técnica, interrogantes y toda la documentación relacionada con cotizaciones y pedidos deberán dirigirse al cliente y/o compañía contratista, indicando la dirección, teléfonos, correo electrónico a la atención del supervisor de compras.

15.11. Información para la cotización de los recipientes separadores vapor- líquido

Teoría Cálculo y Procura de Recipientes Separadores Vapor-Líquido.
México, DF diciembre 2001

15.11.1. Requisición para los recipientes separadores vapor-liquido.

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA-UNAM

Requisición Número: RE-FESZ-RS-2000

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PROYECTOS.

Este equipo: Se requiere por Tesis.

Cantidad	Unidad	Descripción.
1	Pieza	<p>Recipiente separador de balance, posición: horizontal, servicio: alimentación de etileno a reactor, clave: FA-2000, Capacidad: 14.94 M3, diámetro: 1,9812 m, longitud tangente-tangente: 4.8768 m, tiempo de residencia: 29.02 min. , Tipo de cabezas: toriesféricas, material de construcción cuerpo y tapas: acero al carbón SA-203 Gr D, espesor del cuerpo: 5/16" espesor de las tapas: 1/2", tolerancia por corrosión: 1/16", soporte: silletas, material de construcción de silletas: acero al carbón, se requiere placa de la secretaria de trabajo y previsión social, se requiere placa: con datos de diseño y construcción.</p> <p>Hoja de datos: HD-TI-2000, diagrama mecánico: DM-TAE-E-2000 REV. 0 y DM-TAE-D-2000 REV. 0, aislamiento: no requiere solamente se requieren clips de sujeción de aislamiento. Flujo de etileno: 15,890.0 kg/hr, densidad de etileno: 0.5318 gr/cm³, presión de operación: 5 kg/cm² (g), temperatura de diseño: -79.0° C.</p> <p>Código de diseño del equipo: ASME SECCION VIII DIVISIÓN 1 Código de diseño de soldadura: AWS Código de diseño boquillas y bridas: ANSI B-16.5 Código de diseño para materiales: ASTM</p>

Gustavo López A.
Procesos y compras
técnicas.

Moisés Hernández T.
Procesos y compras
técnicas.

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor técnico.

	SEPARADOR LIQUIDO-GAS		REQUISICION DE EQUIPO No. RQ-FESZ-RS-2000	
	HOJA DE DATOS		DOCUMENTO No. HD-T1-2000	HOJA 1 DE 2
PROYECTO TEORIA, CALCULO Y PROCURA DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO				
PLANTA FES ZARAGOZA UNAM		LOCALIZACION MEXICO, D.F.		
CLAVE FA-2000		CANTIDAD REQ'D (UNO) 1		
SERVICIO ALIMENTACION DE ETILENO AL REACTOR				
FABRICANTE CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET S.A. DE C.V.				
TAMAÑO / TIPO: 1.9812 / 4.8768 METROS / HORIZONTAL				
NOTA. <input type="radio"/> INDICA LA INFORMACION QUE DEBE COMPLETAR EL COMPRADOR <input type="radio"/> POR FABRICANTE				
CONDICIONES DE OPERACIÓN				
<input type="radio"/> FLUIDO <u>ETILENO LIQUIDO</u> <input type="radio"/> PRESION OPERACIÓN <u>71.1 (5.0)</u> Psig (kg/cm ² mon) <input type="radio"/> TEMP. OPERACIÓN <u>-110.2 (-79)</u> °F (°C) <input type="radio"/> CAPACIDAD DE OP. <u>0.423 (14.54)</u> ft ³ (M ³) <input type="radio"/> FLUJO <u>131.57 (498)</u> GPM (LPM) <input type="radio"/> DENSIDAD RELATIVA <u>0.5318</u> <input type="radio"/> VISCOSIDAD <u>0.12</u> CP <input type="radio"/> DIMENSIONES: LONGITUD <u>1981.20</u> mm DIAMETRO <u>4876.80</u> mm <input type="radio"/> NIVEL: NORMAL <u>2926.08</u> mm MAXIMO <u>3901.44</u> mm MINIMO <u>254.00</u> mm <input type="radio"/> ALARMA ALTO/BAJO NIVEL <u>4389.12 / 152.4</u> mm CAIDA DE PRESION <input type="radio"/> PERMITIDA <u>1.00 (0.07)</u> Psi (kg/cm ²) <input type="radio"/> CALCULADA <u>0.500 (0.0352)</u> MAX Psi (kg/cm ²)		<input type="radio"/> VAPOR O GAS <u>VER NOTA 1</u> <input type="radio"/> FLUJO NORMAL <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> FLUJO MAXIMO <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> FLUJO MINIMO <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> FLUJO VOLUMETRICO <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> DENSIDAD RELATIVA <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> PESO MOLECULAR <u>28.00</u> lb/lbmol <input type="radio"/> NUMERO DE MOLES/HORA <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> FACTOR DE COMPRESIBILIDAD <u>DESPRECIABLE</u> <input type="radio"/> TIEMPO DE RESIDENCIAR <u>30</u> minutos.		
CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN		
<input type="radio"/> PRESIÓN DE DISEÑO <u>99.54 (7.0)</u> Psi (kg/cm ² g) <input type="radio"/> TEMP. DISEÑO <u>-110 (-79)</u> °F (°C) <input type="radio"/> CODIGO ASME SECC. VIII DIV I <u>REQUERIDO</u> <input type="radio"/> ESTAMPADO DE ACUERDO AL CODIGO <input type="checkbox"/> REQ'D. <input checked="" type="checkbox"/> NO REQ'D <input type="radio"/> CORROSIÓN PERMISIBLE <u>1/16 (1.59)</u> in (mm) <input type="radio"/> PESO VACIO <u>6150.00 (2789)</u> lb (kg) <input type="radio"/> PESO LLENO DE AGUA <u>33587.00 (15232.00)</u> lb (kg) <input type="radio"/> PESO DE OPERACION <u>26875.00 (12188.00)</u> lb (kg) <input type="radio"/> PRUEBA HIDROSTATICA <u>150 (10.50)</u> Psi (kg/cm ² g) <input type="radio"/> RADIOGRAFIADO <u>100% EN TAPAS / 85% CUERPO</u> <input type="radio"/> RELEVADO DE ESFUERZOS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		<input type="radio"/> CUERPO <u>ASTM-SA-203-Gr D</u> <input type="radio"/> TAPAS <u>ASTM-AS-203-Gr D</u> <input type="radio"/> SOPORTE <u>ASTM-AS-203-Gr D</u> <input type="radio"/> RECUBRIMIENTO INTERIOR <u>NO REQUERIDO</u> <input type="radio"/> AISLAMIENTO <u>POLIESTIRENO EXPANDIDO</u> <input type="radio"/> PINTURA <u>PRIMER PRIMARIO</u> <input type="radio"/> ELIMINADOR DE NIEBLA <u>NO REQUERE</u> <input type="radio"/> COPLES <u>ASTM-SA-53-Gr D</u> <input type="radio"/> BRIDAS <u>ASTM-SA-105</u> <input type="radio"/> CUELLO <u>ASTM-SA-106</u> <input type="radio"/> EMPAQUES <u>FLEXITALLIC "CG" 1/8" ESPESOR</u>		
ELIMINADOR DE NIEBLA				
TIPO <u>NO REQUERIDA</u>		CANTIDAD <u>NO REQUERIDA</u>		
TAMAÑO <u>NO REQUERIDO</u>		CAIDA DE PRESION <u>NO REQUERIDA</u> Psi (kg)		
NOTAS: <u>1. EL FLUJO DE VAPOR ES DESPRECIABLE PUES EL EQUIPO ES UN RECIPIENTE DE BALANCE</u>				
NO.	FECHA	POR	APROBO	DESCRIPCION
0	EN/18/01	GL/MH	RMM	Para aprobación y construcción

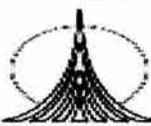
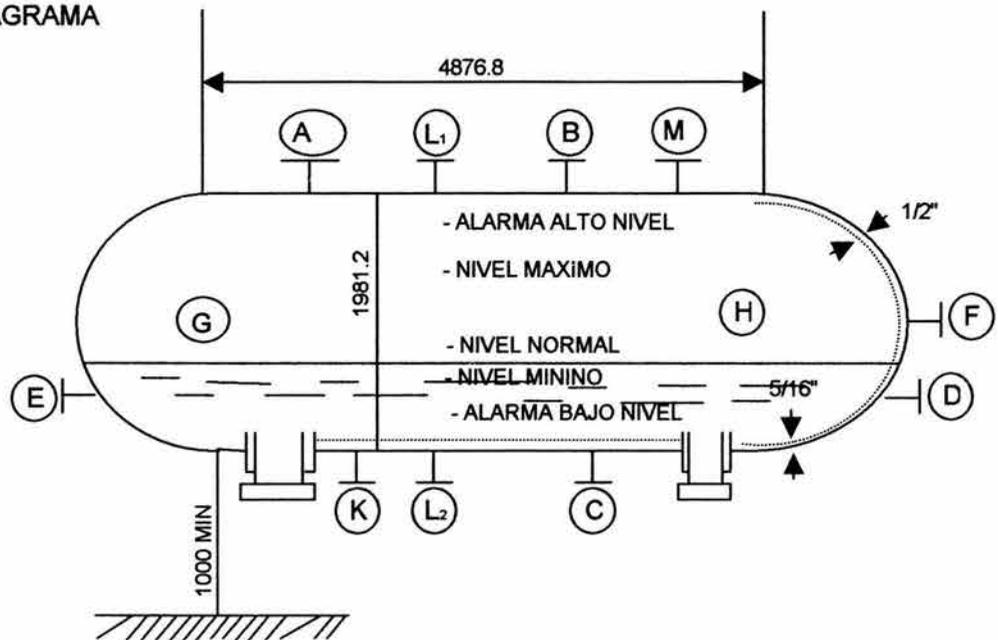
		SEPARADOR LIQUIDO-GAS		REQUISICION DE EQUIPO No.			
		HOJA DE DATOS		RQ-FESZ-RS-2000			
		DOCUMENTO No.		HOJA 2 DE 2			
		HD-T1-2000					
<p>DIAGRAMA</p> 							
DIMENSIONES EN MILIMETROS VER NOTA: 2,3,4 Y 5							
		BRIDAS		CUELLO		COPLÉ	
MARCA	CANT	DIAM. EN in	PROY. EN mm	TIPO/RANGO/MAT	CEDMAT	RANGO/MAT	SERVICIO
A	1	3	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	ALIM. LIQ.-VAP.
B	1	2	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	VALV. SEG.
C	1	3	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	SAL.LIQ.
D	1	3	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	TRANS. NIVEL.
E	1	3	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	TRANS. PRES.
F	1	3	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	TRANS. TEMP.
G	1	3/4	51	-	-	3000W/SA-53 Gr B	IND. PRES.
H	1	3/4	51	-	-	3000W/SA-53 Gr B	IND. TEMP.
K	1	2	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	DREN.
L _{1,2}	1	1 1/2	200	WNRF/150W/SA-105	80/SA-108	NO/NO	V. NIVEL
M	1	24	250	WNRF/150W/SA-105	PL 5/16" ESP.	NO/NO	REG. HOMBRE
NOTAS:		2. ESTE DOCUMENTO SE EMITE PARA CONOCIMIENTO DE DATOS DE OPERACIÓN, DISEÑO, MATERIALES Y CONSTRUCCION.					
		3. ESTE EQUIPO NO REQUIERE DE INTERNOS (DEMISTER, BAFLE, ETC.)					
		4. ESTE EQUIPO DEBERA SER CONSTRUIDO EN BASE A LOS DIAGRAMAS DM-TAE-E-200 Y DM-TAE-D-200					
		5. ESTE EQUIPO SE FABRICARA EN BASE A LOS CODIGOS ASME SECC. VIII DIV. 1 ULTIMA EDICION, ASTM, ANSI Y AWS					
NO.	FECHA	POR	APROBO	DESCRIPCION			
0	EN/18/01	GL/MH	RMM	Para aprobación y construcción			

TABLA DE BOQUILLAS (NOZZLE TABLE)

BOQUILLA	CANT.	DIAM.	PROY.	BRIDA		CUELLO		COPE		SERVICIO	REFERENCIAS
				TIPO	RANGO	MATERIAL	CED.	MATERIAL	RANGO		
A	1	3"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		ENTRADA	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
B	1	2"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		VALVULA DE REGULACION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
C	1	3"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		VALVULA DE REGULACION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
D	1	3"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		VALVULA DE REGULACION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
E	1	3"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		VALVULA DE REGULACION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
F	1	3"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		VALVULA DE REGULACION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
G	1	3/4"	20	SA-100	80	SA-100	80	SA-100-B	3000	ANCLAS DE FUNDICION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
H	1	3/4"	20	SA-100	80	SA-100	80	SA-100-B	3000	ANCLAS DE FUNDICION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
K	1	2"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		ORIF. DE NIVEL	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
L ₁ -2	2	1 1/2"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		ANCLAS DE FUNDICION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2
M	1	2"	200	SA-100	100	SA-100	80	SA-100-B		ANCLAS DE FUNDICION	DM-TAE-0-2000, DETALLE 1 y 2

DATOS DE DISEÑO

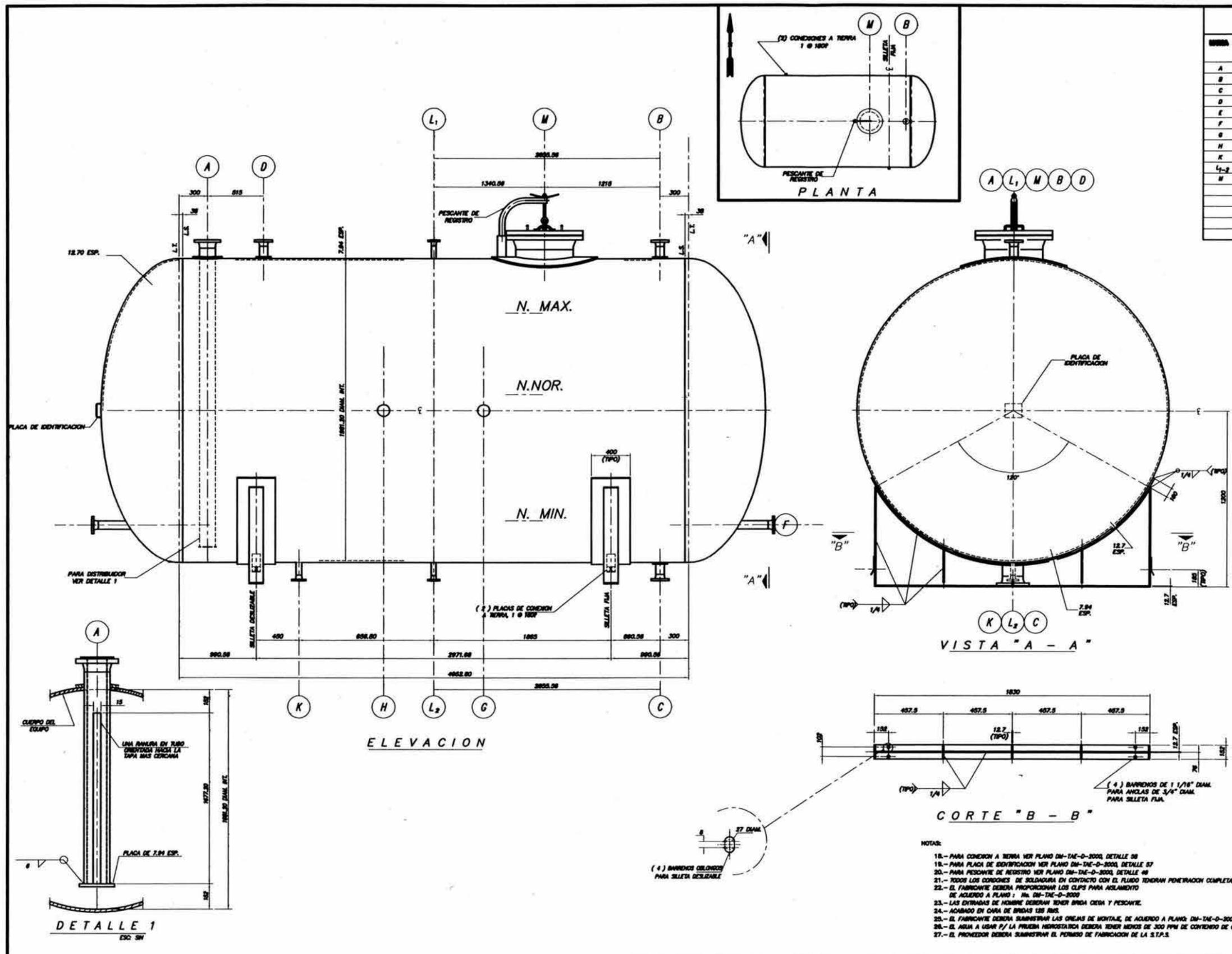
1.- FLUIDO:	ETILENO	DENSIDAD:	531.80 KG/M ³
2.- CAPACIDAD:	14.94 M ³		
3.- PRESION DE OPERACION:	5.0 KG/CM ²	(MAX.)	
4.- TEMPERATURA DE OPERACION:	-79.00 °C		
5.- PRESION DE DISEÑO:	7.0 KG/CM ²	(MAX.)	
6.- TEMPERATURA DE DISEÑO:	79 °C		
7.- PRUEBA HIDROSTATICA:	15.0 KG/CM ²	(MAX.)	
8.- EFICIENCIA DE LA JUNTA SOLDABLE:	CUERPO 85% ; CABEZAS 100%		
9.- RADIOGRAFIA:	CUERPO: POR PUNTOS ; CABEZAS: TOTAL		
10.- ALMO DE ESFUERZOS:	NO		
11.- CORROSION PERMISIBLE:	1.59 mm		
12.- PESO VACIO:	2789.00 Kg.		
13.- PESO LLENO DE AGUA:	15332.00 Kg.		
14.- PESO EN OPERACION:	12168.00 Kg.		

MATERIALES

1.- CUERPO:	SA-203-G-D
2.- TAPA:	SA-203-G-D
3.- FONDO:	SA-203-G-D
4.- RECUBRIMIENTO INTERIOR:	NO
5.- AISLAMIENTO:	SI
6.- BRIDAS FABRICADAS DE PLACA:	NO
7.- CUELLO DE BOQUILLAS FABRICADAS DE PLACA ROLADA:	SA-203-G-D SOLO PARA BOQ. "N"
8.- REFORZO EN BOQUILLAS:	SA-203-G-D
9.- TORNILLOS O ESPARNAJOS EXTERIORES:	SA-193-B7 INTERIORES: _____
10.- TUERCAS EXTERIORES:	SA-194-2H INTERIORES: _____
11.- INTERIORES:	SA-108-B/SA-203-G-D
12.- FALDON O SOPORTES:	SA-205-GR C/SA-203-G-D PARA PLACA DE RESPALDO
13.- ANILLOS DE REFORZO:	NO
14.- ACERO ESTRUCTURAL:	SA-36
15.- EMPAQUES:	AC. INOX. 304 EMBORNADO EN ESPIRAL CON RELLENO DE GRANITO
16.- PINTURA:	PRIMER ANTICORROSION EXTERIOR
17.- MATERIAL DE SOLDADURA:	AWS-7018

NOTAS GENERALES

- 1.- DISEÑO BASADO EN: CODIGO ASME SECCION VIII, DIV. 1, ULTIMA EDICION.
- 2.- DEBERA FABRICARSE SEGUN: CODIGO ASME SECCION VIII, DIV. 1, ULTIMA EDICION.
- 3.- ACOTACIONES EN: MILIMETROS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE.
- 4.- LOS BARRIDOS DE LAS BRIDAS QUEDARAN SIMETRICAMENTE DISTRIBUIDOS CON RESPECTO A LOS EJES NORMALES DEL EQUIPO, SIN CONDICION CON ELLOS.
- 5.- LAS SUPERFICIES MAQUINADAS Y CONEXIONES ROSCADAS SE PROTEGERAN CON UN MATERIAL ANTIOXIDANTE.
- 6.- PROTEJANSE LAS BRIDAS CON TAPAS DE MADERA ANTES DE EMBARCAR.
- 7.- NINGUNA BOQUILLA DEBERA CAER EN CORDONES DE SOLDADURA.
- 8.- MARQUESE EL EQUIPO Y ACCESORIOS DEL MISMO CON SU NUMERO DE E.P. CORRESPONDIENTE EN LETRAS Y NUMEROS DE 6' APROX.
- 9.- LA FABRICACION Y ACEPTACION DEL EQUIPO ESTARA SUJETA A INSPECCION POR: FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA, UNAM.
- 10.- LA FABRICACION DEBERA EMBARSE EN LAS COTAS DEL SISTEMA: METRICO DECIMAL.
- 11.- UNIDADES REQUERIDAS: (1) LINA _____
- 12.- SE EMPLEARAN CABEZAS: TORNERICAS _____
- 13.- SEGUN CODIGO ASME 12.7 ESPESOR MINIMO _____
- 14.- CON _____ DE SECCION RECTA _____
- 15.- PARA SOPORTES VER: ELEVACION, VISTA "A-A" y CORTE "B-B"
- 16.- PARA CORDONES LONGITUDINALES VER: DM-TAE-0-2000, DETALLE 43
- 17.- PARA CORDONES CIRCUNFERENCIALES VER: DM-TAE-0-2000, DETALLE 43



- NOTAS:
- 18.- PARA CONEXION A TIERRA VER PLANO DM-TAE-0-2000, DETALLE 48
 - 19.- PARA PLACA DE IDENTIFICACION VER PLANO DM-TAE-0-2000, DETALLE 57
 - 20.- PARA PESCAQUE DE REGISTRO VER PLANO DM-TAE-0-2000, DETALLE 46
 - 21.- TODOS LOS CORDONES DE SOLDADURA EN CONTACTO CON EL FLUIDO TENDRAN PENETRACION COMPLETA.
 - 22.- EL FABRICANTE DEBERA PROPORCIONAR LOS CLIPS PARA AISLAMIENTO DE ACUERDO A PLANO: No. DM-TAE-0-2000
 - 23.- LAS CINTAS DE HOMBRER DEBERAN TENER BRIDA CERRA Y PESCAQUE.
 - 24.- ACABADO EN CARA DE BRIDAS 128 R/8.
 - 25.- EL FABRICANTE DEBERA SUBMINISTRAR LAS OREAS DE MONTAJE, DE ACUERDO A PLANO: DM-TAE-0-2000
 - 26.- EL AGUA A USAR P/ LA PRUEBA HIDROSTATICA DEBERA TENER MENOS DE 300 PPM DE CONTENIDO DE CLORURO.
 - 27.- EL PROVEEDOR DEBERA SUBMINISTRAR EL PERMISO DE FABRICACION DE LA S.T.P.S.

REV.	DESCRIPCION	DI.	DIS.	REV.	FECHA
0	APROBADO PARA CONSTRUCCION TESIS	DM/SH	EM/SH	RLM/LM	DIC/2001

DIBUJOS DE REFERENCIA

FACULTAD DE ESTUDIOS SUP. ZARAGOZA. UNAM

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO

FA - 2000

TANQUE DE ALIMENTACION DE ETILENO

15.11.3 Diagrama mecanico de un recipiente a presion separador horizontal vapor-liquido.

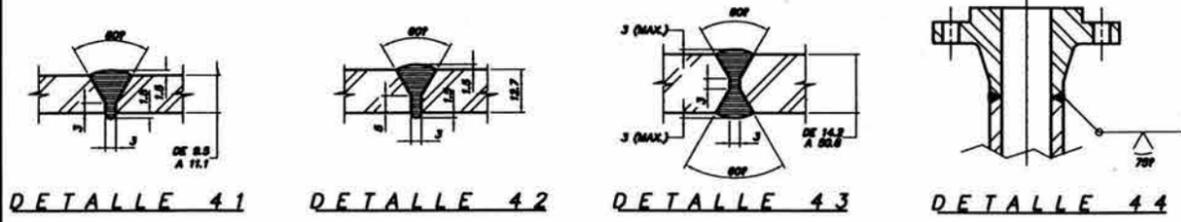


TABLA No. 1

ASLAMIENTO SOPORTE ESP. (T)	ESP. (D)
30	30
35	30
40	30
45	30
50	30
> 50	T-50

NOTAS:
 1.- COTAS EN MILIMETROS.
 2.- DIMENSIONES ESTANDAR EN PULGADAS.

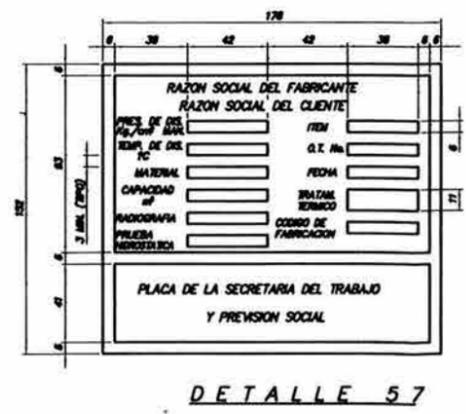
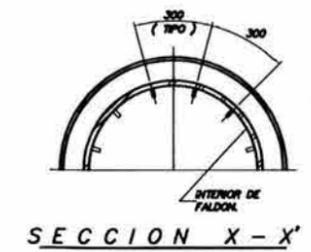
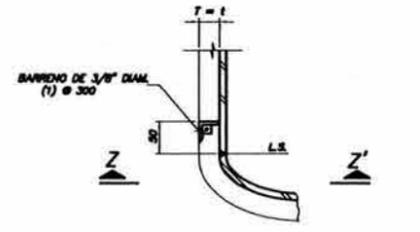
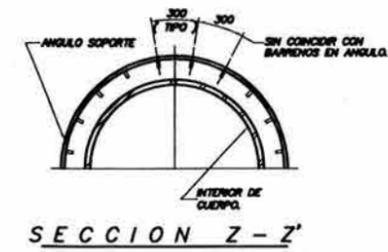
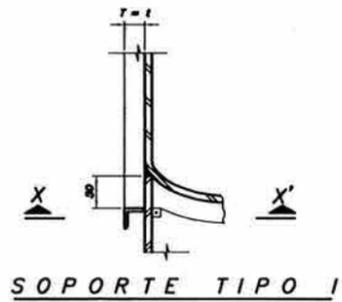
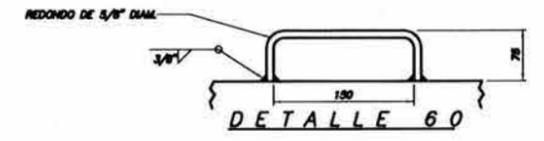
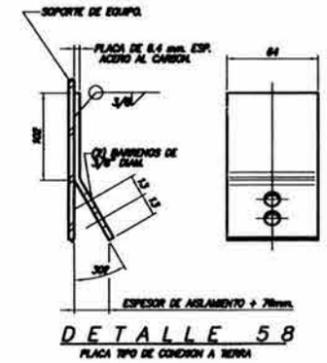
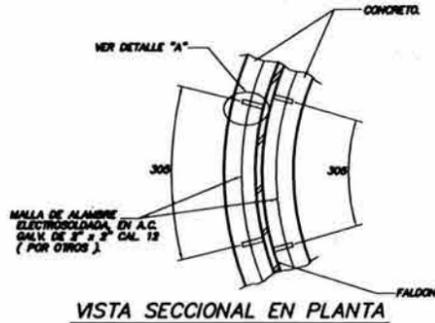
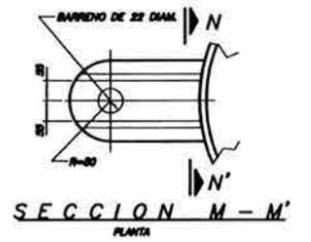
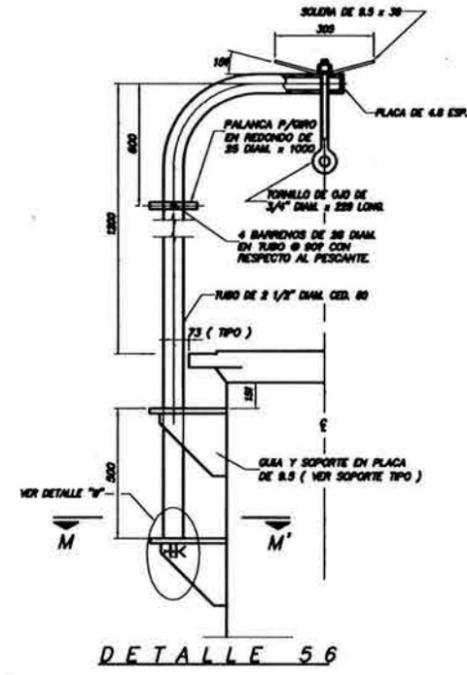
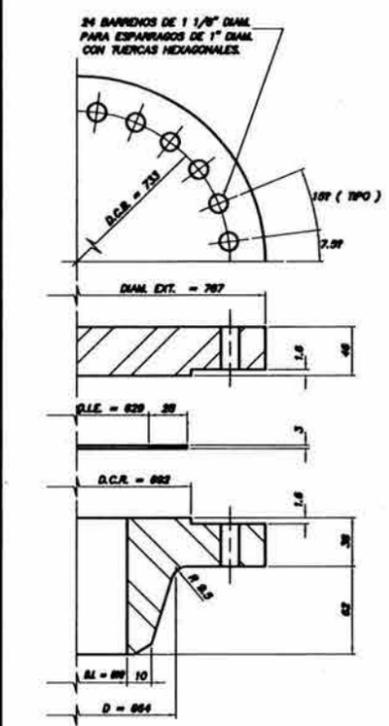
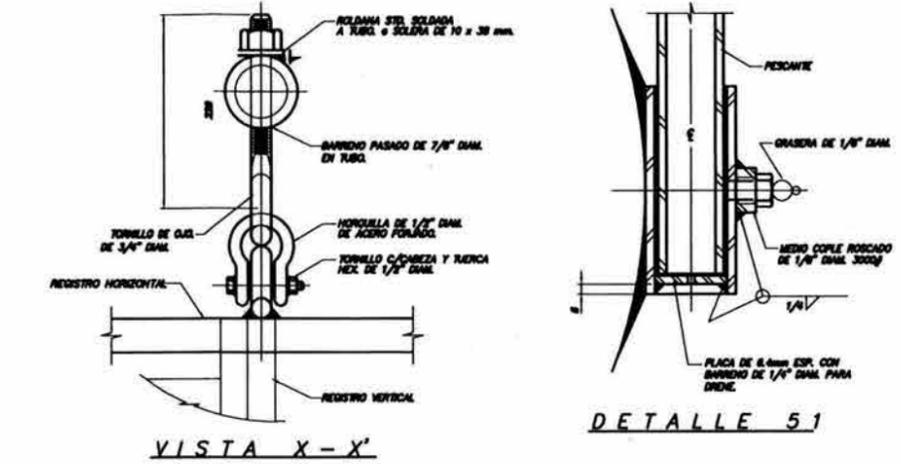
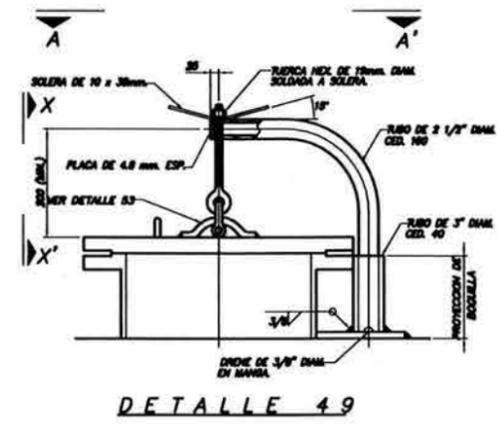
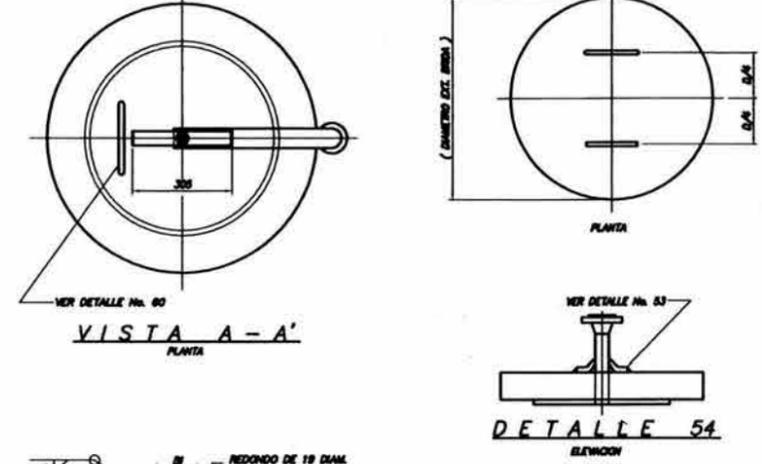
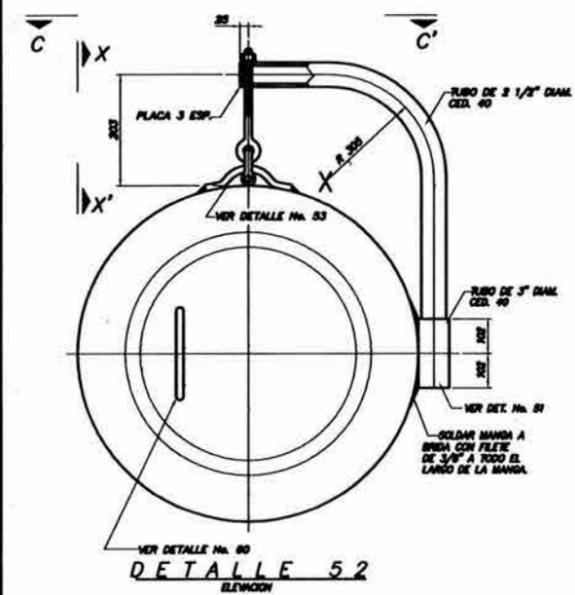
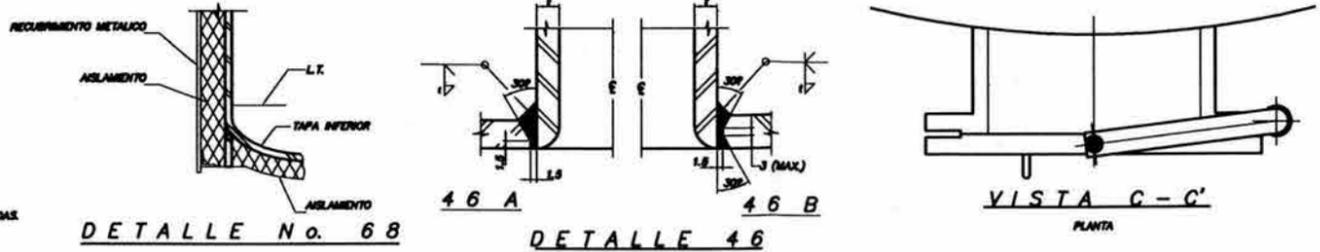


TABLA No. 1

DIAMETRO NOM. BOQ.	DIAMETRO PLACA DE REFUERZO
3"	100
4"	200
6"	300
8"	400
10"	500
12"	600
14"	630
16"	730
18"	830
20"	837
24"	1113

15.11.3 Diagrama mecanico de un recipiente a presion separador horizontal vapor-liquido.

DIBUJOS DE REFERENCIA				APROBADO PARA CONSTRUCCION TESIS								TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO FA - 2000 PLANO DE DETALLES PARA RECIPIENTES.	
REV.	DESCRIPCION	DIB.	DIS.	REV.	FECHA	DIB.	DIS.	REV.	FECHA	FACULTAD DE ESTUDIOS SUP. ZARAGOZA. UNAM		ESC. 1/E ACOOTADO Etc mm. DIB. No. DM-TAE-D-2000 REV. 0	

15.11.4. Especificaciones generales de un recipiente separador vapor-liquido.

Número de Hojas: 8

Fecha: Diciembre / 2001

Revisión: 0

**ESPECIFICACIONES
PARA
RECIPIENTES SEPARADORES**

Preparado por GLA / MHT Fecha DIC. / 2001 Aprobado por RMM Fecha DIC/2001

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 01 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA RECIPIENTES SEPARADORES

INDICE

- 1.0 OBJETIVO
- 2.0 GENERALIDADES, CODIGO Y ESTANDARES
- 3.0 MATERIALES
 - 3.1 GENERALIDADES
- 4.0 DISEÑO
 - 4.1 Generalidades
 - 4.2 Temperatura de diseño
 - 4.3 Presión de diseño
 - 4.4 Refuerzo de aberturas
- 5.0 FABRICACION
 - 5.1 Generalidades
 - 5.2 Trazado de placas
 - 5.3 Soldadura
 - 5.4 Radiografía
 - 5.5 Relevado de esfuerzos
 - 5.6 Tolerancias
 - 5.7 Tornillería y empaque
 - 5.8 Partes internas
- 6.0 INSPECCION Y PRUEBAS
 - 6.1 Generalidades
 - 6.2 Pruebas
- 7.0 EMBARQUE
 - 7.1 Preparación para el embarque
 - 7.2 Pintura y marcado
 - 7.3 Aprobación para embarque

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 02 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

1.0 OBJETIVO

Estas especificaciones junto con las hojas de datos y/o tabulación de cotizaciones, dibujos, requisiciones, solicitud de cotización y orden de compra, indican los requisitos que debe cubrir el proveedor en el diseño, fabricación, inspección, prueba y entrega de los recipientes separadores.

2.0 ESPECIFICACIONES DE REFERENCIA

Estas especificaciones están referidas a los siguientes códigos y estándares:

ASME American Society of Mechanical Engineers.
Sección II Materiales.
Sección VIII Recipientes a presión no sujetos a fuego directo.
Sección IX calificación de soldadura.

ASTM American Society for Testing and Materials.

ANSI American National Standards Institute.

AWS American Welding Society.

3.0 MATERIALES

3.1. GENERALIDADES

3.1.1 Todos los materiales deben ajustarse a los especificados en las hojas de datos de recipientes de FES ZARAGOZA-UNAM

3.1.2 Los materiales sujetos a esfuerzos ocasionados por una presión, deberán cumplir alguna de las especificaciones de la sección II del código ASME o su equivalente ASTM. Todos los materiales para uso en recipientes a presión deberán estar plenamente identificados.

3.1.2.1. Placa- La placa empleada en recipientes a presión deberá cumplir las especificaciones correspondientes de la sección II del código ASME o su equivalente ASTM.

3.1.2.2. Materiales forjados- Se podrá emplear material forjado y laminado en la construcción de recipientes a presión, siempre y cuando haya sido trabajado lo suficiente para eliminar las imperfecciones del lingote.

3.1.2.3. Material fundido- Se podrá emplear material fundido en la construcción de recipientes a presión y partes del recipiente siempre y cuando las especificaciones y valores de esfuerzo cumplan con lo indicado en la subsección C de código ASME.

3.1.3 El proveedor puede proponer el uso de materiales equivalentes. Tales alternativas se indicarán claramente en su proposición indicando la designación oficial del material o sus propiedades químicas y físicas para aquellos materiales que sólo tengan marca o proveedor.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 03 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

4.0 DISEÑO

4.1 GENERALIDADES

- 4.1.1. Espesor mínimo de placa. El espesor de toda placa sujeta a presión después de conformada no deberá ser menor de 4.8 mm (3/16 pulgadas).
- 4.1.2. Las cabezas conformadas para recipientes a presión serán de una sola pieza. En los casos en que, por limitaciones dimensionales el material, no sea posible que se fabriquen de una sola pieza, el diseño de la cabeza deberá someterse a la aprobación de FES ZARAGOZA-UNAM.

4.2. TEMPERATURA DE DISEÑO

- 4.2.1 Los recipientes que vayan a operar a temperaturas comprendidas entre 0°C (32°F) y 400°C (750°F) serán diseñados para una temperatura igual a la temperatura de operación máxima esperada más un incremento mínimo de (25°F).
- 4.2.2 Los recipientes que vayan a operar a temperaturas arriba de 400°C (750°F) serán diseñados para una temperatura igual a la temperatura máxima de operación sin incremento.
- 4.2.3 Los recipientes que vayan a operar a temperaturas de 0°C (32°F) y menores serán diseñados para la temperatura mínima de operación esperada.

4.3. PRESION DE DISEÑO.

- 4.3.1. Los recipientes sujetos a presión interna, deben diseñarse para una presión igual a la máxima presión de operación esperada más el 10% ó 2 kg/cm²(g) (30 psig) lo que resulte mayor.
- 4.3.2. Los recipientes sujetos a presión externa, deben diseñarse para soportar la presión atmosférica (vacío total).

4.4. REFUERZO DE ABERTURAS

- 4.4.1 A menos que se indique lo contrario en las hojas de datos y dibujos de FES ZARAGOZA-UNAM, el proveedor calculará el refuerzo requerido en las aberturas del cascarón y de las cabezas. Los cálculos de diseño serán presentados a solicitud de FES ZARAGOZA-UNAM.
- 4.4.2 Cuando en un dibujo se indique un refuerzo, este será considerado mínimo.
- 4.4.3 El diseño del refuerzo se hará de tal manera que no limite el valor de la presión máxima permisible bajo condiciones de diseño o sin corrosión y en frío para el recipiente fabricado.
- 4.4.4 El material de refuerzo deberá ser de la misma calidad que el especificado para el cuerpo o cabeza a la cual esté unido.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 04 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

5.0. FABRICACIÓN

5.1. GENERALIDADES

Antes de iniciar la fabricación, el fabricante deberá enviar para aprobación de FES ZARAGOZA-UNAM el procedimiento de soldadura; los soldadores deberán calificarse de acuerdo con la sección IX del código ASME y/o AWS.

5.2. TRAZADO DE PLACAS

- 5.2.1 Las placas de cascarón se trazarán de tal manera que se requiera un mínimo de costuras soldadas. Las costuras de segmentos anulares adyacentes deberán ser desfasadas para que no estén en una línea recta. El espesor de las cabezas indicado en los dibujos es mínimo y se debe usar uno mayor para prever el adelgazamiento durante la fabricación.
- 5.2.2 Las aberturas se localizarán fuera de las costuras, mientras sea práctico y económico.
- 5.2.3 Las soldaduras circulares y longitudinales en columnas fraccionadoras se localizaran de tal manera que permitan la inspección visual con los platos y sus bajantes instalados.
- 5.2.4 Las juntas soldadas en recipientes horizontales se localizaran de tal manera que no coincidan con los soportes de silleta.

5.3. SOLDADURA

- 5.3.1. Los recipientes serán soldados por el proceso de arco y electrodo metálico.
- 5.3.2. Los procedimientos de soldadura serán sometidos a la aprobación por escrito del cliente. La calificación de los soldadores será supervisada por los inspectores del cliente.
- 5.3.3. Las costuras sometidas a presión sostenida, incluyendo boquillas y coples, normalmente se harán con junta de soldadura a tope en ambos lados y penetración completa. Pueden usarse juntas de soldadura a tope por un solo lado con solera posterior de respaldo, cuando las juntas de soldadura a tope en ambos lados no sean practicables.

5.4. RADIOGRAFÍA

- 5.4.1 Las radiografías diferentes a las indicadas en el código especificado, serán indicadas en el dibujo del recipiente.
- 5.4.2 Las juntas longitudinales y circunferenciales serán sometidas a radiografiado por puntos, de acuerdo con el código.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 05 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

- 5.5. **RELEVADO DE ESFUERZOS.**
- 5.5.1. El relevado de esfuerzos diferente al indicado en el código especificado se indicará en el dibujo del recipiente.
- 5.5.2. No se aplicará ninguna soldadura al recipiente después del relevado de esfuerzos sin aprobación especificada del cliente FES ZARAGOZA-UNAM.
- 5.6. **TOLERANCIAS**
- 5.6.1. Las tolerancias en dimensiones se ajustarán a lo indicado en los dibujos FES ZARAGOZA-UNAM.
- 5.7. **TORNILLERÍA Y EMPAQUES.**
- 5.7.1. La tomillería y empaques exteriores para servicio de operación serán proporcionados junto con el recipiente en el dibujo para todas las conexiones con bridas para las cuales se proporcionan tapas.
- 5.7.2. Los empaques y tomillería de los registros serán proporcionados por separado adecuadamente empacados o identificados, para su instalación en campo por otros. Además se proporcionará un (1) empaque de repuesto para cada registro.
- 5.7.3. La tomillería y empaques interiores de todos los accesorios internos proporcionados por el proveedor para servicio de operación serán embarcados junto con el recipiente por el proveedor. Esta tomillería y empaques serán empacados por separado cuando la instalación o conexión de los accesorios internos no sea hecha por el proveedor.
- 5.8. **PARTES INTERNAS.**
- 5.8.1. Los detalles internos serán especificados por FES ZARAGOZA-UNAM. Si los procedimientos de fabricación del proveedor requieren algún diseño diferente, es necesaria la aprobación de FES ZARAGOZA-UNAM para proceder a la fabricación.
- 6.0. **INSPECCION Y PRUEBAS.**
- 6.1 **GENERALIDADES.**
- 6.1.1. Los materiales, fabricación y prueba de los recipientes estarán sujetos a inspección por el cliente y/o su representante, además de cualquier inspección indicada por el Código usado o por las autoridades locales que tengan jurisdicción sobre la instalación.
- 6.1.2. La inspección del cliente y/o su representante no exonera al proveedor de su responsabilidad para cubrir todos los requisitos de la orden de compra.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 06 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

- 6.1.3. Los inspectores del cliente tendrán libre acceso al taller del proveedor a cualquier hora durante el desarrollo del trabajo. El proveedor dará todas las facilidades posibles para que los inspectores certifiquen que el recipiente está siendo fabricado de acuerdo con las especificaciones.
- 6.1.4. Los inspectores del cliente cooperarán en todo lo posible con el proveedor para reducir al mínimo los retrasos en las operaciones del taller del proveedor.
- 6.1.5. El proveedor notificará al cliente con anticipación cualquier nueva operación en el taller para permitir la presencia oportuna de los inspectores.

6.2. PRUEBAS.

- 6.2.1 Todos los recipientes, con excepción de los indicados en el inciso 6.2.6 . serán probados a presión después de su fabricación y antes de ser embarcados, de acuerdo con los requisitos del código usado, en presencia de los inspectores del cliente.
- 6.2.2 A menos que se indique lo contrario en los dibujos de FES ZARAGOZA-UAM la prueba de presión será efectuada con agua fresca y limpia.
- 6.2.3 Los empaques y tomillería de las juntas tipo anillo proporcionados junto con el recipiente por el proveedor pueden usarse en la prueba a presión, pero si se dañan deben ser repuestos. Los demás empaques proporcionados por el proveedor no deberán ser usados en la prueba a presión.
- 6.2.4 Los recubrimientos de aleación aplicados mediante soldadura a la placa del recipiente serán probados reumáticamente con una presión mínima de 1.4 kg/cm² (20 psi). Los agujeros de prueba deberán ser dejados abiertos hasta después que el recipiente haya sido sometido a la prueba hidrostática; una vez efectuada ésta y después de eliminar mediante secado el líquido que se encuentre entre el recubrimiento y la placa del recipiente, se cerrará mediante soldadura que será inspeccionada con caja de vacío o por el método de tinte penetrante para determinar si hay grietas en la soldadura.
- 6.2.5 Los refuerzos en aberturas se probarán reumáticamente con una presión mínima de 6.3 kg/cm² (90psi). Estos agujeros deben dejarse abiertos después de la prueba.
- 6.2.6 El cliente o su representante autorizado ejecutarán la prueba hidrostática en el campo, no en el taller, a aquellos recipientes que por sus dimensiones requieren armado en el campo. La responsabilidad del fabricante no cesa si un representante del fabricante no está presente durante dicha prueba.
- 6.2.7 Los recipientes que requieran armado en campo serán ajustados en el taller contramarcando cada pieza o sub-ensamble. El recipiente completo será ensamblado, cada sección será ajustada a la contigua en el taller excepto cuando sea imposible ensamblar más de una sección a la vez. El método de ensamble en el taller deberá ser descrito por completo en la cotización. La intención es que los recipientes sean ajustados en el taller para que no se requiera reformarlos en el campo.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF HOJA 07 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
---	--	---

7.0. EMBARQUE

7.1. PREPARACIÓN PARA EMBARQUE

- 7.1.1. Todos los recipientes estarán completamente secos y limpios en su interior; el exterior estará libre de basura y material de desperdicios.
- 7.1.2. Todas las caras de bridas y superficies maquinadas serán cubiertas con una película protectora contra oxidación, fácil de eliminar, y se protegerán contra daños durante el embarque.
- 7.1.3. Las aberturas roscadas serán protegidas mediante tapones metálicos.
- 7.1.4. Todos los accesorios, internos no instalados por el proveedor serán empacados de tal manera que todas las partes sean protegidas contra daños o pérdidas durante el transporte, embarcados para que lleguen a su destino antes que / o junto con el recipiente.

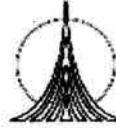
7.2. PINTURA Y MARCADO.

- 7.2.1 El recipiente tendrá una mano de pintura de sello cuando lo indique específicamente en los dibujos para recipientes.
- 7.2.2 A menos que se indique lo contrario, la pintura de taller será anticorrosiva aplicada en una superficie preparada.
- 7.2.3 Se indicará el lugar visible del recipiente, con pintura blanca y letra de imprenta de 30cm (mínimo), los números de la orden de compra y del recipiente cuando éste sea marcado.

7.3 APROBACIÓN PARA EMBARQUE.

- 7.3.1. Ningún recipiente quedará listo para embarque del taller del proveedor hasta que sea aprobado por el inspector de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza-UNAM.

FES-ZARAGOZA UNAM MÉXICO, DF. HOJA 08 DE 08	DISEÑO DE RECIPIENTES SEPARADORES VAPOR-LIQUIDO	NO. DE ESPECIFICACIÓN FESZ-ESI-2000
--	--	---



15.11.5 Elaboración de la solicitud de cotización de un recipiente separador vapor-liquido para proveedores.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA UNAM
Av. Guelatao No. 66
CP 09230, México, DF.
Tels. 5773-6310 5773-6331

SOLICITUD DE COTIZACIÓN: NÚMERO: SC-RCI-200

FECHA: DICIEMBRE/2001
REQUISICIÓN No: RQ-FESZ-RS-2000
ESPECIFICACIÓN: FESZ-ESI-2000 REVISION: 0
TITULO DEL PROYECTO: TEORÍA CÁLCULO Y PROCURA DE RECIPIENTES SEPARADORES
PROYECTO: TESIS
DEPARTAMENTO DE: PROCURACIÓN
SOLICITUD DE COTIZACIÓN: RECIPIENTE SEPARADOR DE BALANCE

Sírvase cotizar el siguiente equipo(s) o material(es); de acuerdo con la(s) requisición(es) y especificaciones que se adjuntan.

1. Requisición de compra	RQ-FESZ-RS-2000 REV. 0	(1 Hoja)
2. Hoja de datos	HD-TI-2000 REV. 0	(2 Hojas)
3. Especificación para recipientes separadores	FESZ-ESI-2000 REV. 0	(8 Hojas)
4. Plano mecánico para recipientes separadores	DM-TAE-E-2000 REV. 0	(1 Plano)
	DM-TAE-D-2000 REV. 0	(1 Plano)

Lista de proveedores aconsejables:

1. TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV.

Bruno Díaz No. 7
Col. General Anaya
CP. 03340, México, DF
AT'N.: Ing. Juan Manuel Tovar G.
Gerente de Ventas
TEL. 5604-2664 5688-1659
<http://www.tallcor.com.mx>.
E-mail tacor@compuserve.com.mx.



2. CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA DE CV

Canal Nacional No. 1996

Col. Valle Sur

CP. 09810, México, DF

AT'N: Ing. Arturo Sánchez D.

Gerente de Ventas

Tel. 5582-7478

<http://www.constrepa.com.mx>

E-mail cnrepa@hotmail.com.mx.

OBSERVACIONES: Se requiere cotización técnica y comercial en un tiempo máximo de 4 semanas, contadas a partir de la recepción de éstos documentos.

Gustavo López A.
Proceso / Compras Técnicas

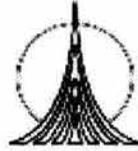
Moisés Hernández T.
Proceso / Compras Técnicas

Aprobación:

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor Técnico UNAM

C. Juan José Sales Díaz
Gerente de Compras Técnicas

ccp: Archivo



15.12. Cotizaciones de un recipiente separador por parte de varios proveedores.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM
Av. Guelatao No. 66
Col. Ejército de Oriente
CP 09230, México, DF
Tels. 5773-6310 5773-6331

AT'N.: C. JUAN JOSE DÍAZ
Gerencia de Compras Técnicas

Anexo al presente sírvase encontrar las cotizaciones técnicas y comerciales de recipientes separadores FA-2000 de los proveedores "TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV", y "CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA DE CV", correspondientes a la solicitud de cotización: SC-RCI-2000 para su mejor evaluación.

El fallo se dará a conocer a los concursantes dentro de 8 semanas. Por lo que agradeceré proporcionarme, lo más pronto posible las evaluaciones debidamente autorizadas.

ATENTAMENTE

DEPARTAMENTO DE PROCURACIÓN
FES ZARAGOZA-UNAM

ccp. Gustavo López A.
ccp. Moisés Hernández T.
ccp. Ing. Rene de la Mora M.
ccp. Archivo



TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV
Diseño y Fabricación de Equipos Termodinámicos
Proyectos e Ingeniería de Proceso

Bruno Díaz No. 78
Col. General Anaya
CP 03340, México, DF
Tels. 5604-2664 5688-1659
<http://www.tallcor.com.mx>
E-mail tacor@compuserve.com.mx.

Ing. Juan Manuel Tovar G.
Gerente de Ventas

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM

Av. Guelatao No. 66
Col. Ejercito de Oriente
CP 09230, México, DF
Tels. 5773-6310 5773-6331

AT'N.: Gustavo López A. y / o Moisés Hernández T.
Departamento de proceso / Compras técnicas

SU REFERENCIA: SOLICITUD DE COTIZACIÓN DE RECIPIENTE SEPARADOR VAPOR-LIQUIDO
CLAVE: FA-2000
EN MÉXICO, DF

NUESTRA REFERENCIA : COTIZACIÓN COMERCIAL
NÚMERO: CRA-2000-1
FECHA: DICIEMBRE / 2001

Estimados Señores:

De acuerdo con su solicitud, nos permitimos proporcionar a ustedes la cotización comercial del equipo indicado en su referencia.

Esta se basa en sus especificaciones y anexos a su solicitud, estando en estricto acuerdo con ellas y con las siguientes consideraciones generales.

- Recipiente separador horizontal vapor-liquido \$234,641.40
Precio neto unitario LAB. en México DF. y en MN.

- Prueba hidrostática
 - Parte de repuesto para 2 años de operación con precios desglosados
 - La presente oferta tiene una vigencia de 90 días y no incluye el IVA, el cual se incluirá en el momento de la facturación
 - La presente oferta no indica ningún tipo de descuento en este equipo.
- Incluida
No requiere

1. Pesos y dibujo considerados.

PARTIDA	CLAVE DEL EQUIPO	CANTIDAD	PESOS VACIO EN Kg
1	FA-2000	1	2,789.00

2. El equipo se construirá de acuerdo a los materiales ASTM solicitados.

3. Los precios incluyen:

- A. Armado total en taller para el equipo.
- B. Prueba hidrostática para el equipo
- C. Radiografiado por puntos
- D. Limpieza comercial y la aplicación de una capa de pintura primario anticorrosivo al exterior para el equipo

4. Los precios no incluyen:

- D. Materiales y / o trabajos de campo
- E. Relevado de esfuerzos
- F. Instrumentos de control y / o medida
- G. Aislamientos y su colocación
- H. Plataformas y escaleras
- I. Recubrimiento interior
- J. Clips para aislamiento y plataforma
- K. Diseño de obra civil y cimentaciones

5. Consideramos que la construcción es basándose en los planos, suministrados para construcción, siendo nuestra única obligación la elaboración de dibujos de taller y lista de materiales

6. Tiempo de entrega. De acuerdo con nuestros programas de fabricación, consideramos construir éste en un periodo de 8 semanas, contadas a partir de la recepción de los materiales necesarios en nuestra planta, habiendo ya recibido el anticipo por parte de ustedes.

el programa anterior, está condicionado a la entrega oportuna de materiales por nuestros proveedores en caso de algún retraso en la entrega de éstos, el programa se vera afectado y se lo daremos a conocer tan pronto como sea posible.

7. Garantía. Taller Corpotarivo Sams, SA de CV garantiza el equipo fabricado bajo éstas especificaciones por un periodo de 1 año a partir de la terminación de los trabajos y reparará o repondrá LAB. en su planta en México, DF., cualquier pieza defectuosa por errores en materiales o mano de obra.

8. Validez de la oferta. Los precios de nuestra cotización deben entenderse válidos por un periodo de 50 días a partir de la cotización comercial.

9. Escalación de precios. Todos los precios referentes a los recipientes separadores vapor-líquido están sujetos a escalación según la fórmula autorizada para la industria metalmeccánica. La escalación de precios se aplica a partir de la fecha de la cotización comercial.

10. Penalización. Taller Corporativo Sams, SA de CV acepta penalizaciones por retrasos imputables a la entrega del equipo o cualquier otro concepto involucrado en la fabricación del equipo, hasta un total, acumulable del 5% del valor del orden de compra.

11. Condiciones de pago. Estipuladas en el pedido se deben de ajustar a lo siguiente:

15% del precio total con la orden de compra
35% contra recepción de materia prima
50% 90 días después de facturación.

12. Lugar de entrega. A menos que otra cosa se especifique en esta cotización, la entrega del recipiente separador horizontal vapor-líquido debe de entregarse en la bodega de Taller Corporativo Sams, SA de CV en nuestra planta de México DF.

El cumplimiento de todo lo anterior será única obligación y responsabilidad de Taller Corporativo Sams, SA. de CV, después de la construcción del equipo y su aceptación por parte de la Facultad de Estudios Profesionales Zaragoza UNAM.

Esta garantía no cubre ninguna acción destructiva por reacciones químicas o electrolíticas.

Agradecemos su solicitud y en espera de sus noticias quedamos de ustedes.

SUBTOTAL	\$234,641.40
IVA. 15%	\$ 35,196.21
T O T A L	\$269.837.61

(Doscientos sesenta y nueve mil ochocientos treinta y siete pesos 61/100 MN)

ATENTAMENTE
TALLER CORPORATIVO SAMS SA. DE CV.

ccp archivo

TALLER CORPORATIVO SAMS, SA. DE CV.
Diseño y Fabricación de Equipos Termodinámicos
Proyectos e Ingeniería de Proceso
Bruno Díaz No. 78 Col. General Anaya
CP 03340, México, DF.
Tels. 5604-2664 5688-1659
<http://www.tallcor.com.mx>
E-mail tacor@compuserve.com.mx.

COTIZACIÓN TÉCNICA

DESCRIPCIÓN

Equipo Recipiente Separador de Balance
Clave FA – 2000

CARACTERÍSTICAS:

Capacidad: 14.93 m³
Diámetro: 1981.20 mm
Parte recta: 4,876.80 mm
Tapas tipo: Toriesférica
Espesor cuerpo: 5/16 "
Espesor tapas: 1/2"

CONDICIONES DE DISEÑO:

Presión de operación: 5.0 Kg. (cm² g)
Presión de diseño: 7.0 kg/cm² (g)
Temperatura de operación: -79.00° C
Temperatura de diseño: -79.00° C
Radiografiado cuerpo: si por puntos 85%
Radiografiado tapas: si total 100%

MATERIALES:

Material cuerpo: SA-203 Gr D
Material tapas: SA-203 Gr D
Material boquillas: SA-105/SA-53Gr B
Material siletas: SA-36
Material refuerzos: SA-203 Gr D



TALLER CORPORATIVO SAMS, SA. DE CV.
Diseño y Fabricación de Equipos Termodinámicos
Proyectos e Ingeniería de Proceso
Bruno Díaz No. 78 Col. General Anaya
CP 03340, México, DF.
Tels. 5604-2664 5688-1659
<http://www.tallcor.com.mx>
E-mail tacor@compurserve.com.mx.

COTIZACIÓN TÉCNICA

MATERIALES:

Material tornillos:	SA-193-B7
Material tuercas:	SA-194-2H
Material empaques:	FLEXITALLIC "CG" 1/8 de esp.
Peso vacío:	2,789.00 Kg
Peso lleno de agua	12,188.00 Kg

Toda la fabricación está basada en el código ASME sección VIII Div. 1 última edición.

Las boquillas serán construidas conforme a sus planos DM-TAE-E-2000 REV. O y DM-TAE-D-2000 REV. 0



CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV.

Canal Nacional No. 1996

Col. Valle Sur

CP. 09810, México, DF.

Tel. 5582-7478 5582-7108

<http://www.Constrepa.com.mx>

E-mail cnrepa@hotmail.com.mx

AT'N: Ing. Arturo Sánchez D.

Gerente de Ventas

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM

Av. Guelatao No. 66

Col. Ejército de Oriente

CP. 09230, México DF.

Tel. 5773-6310 5773-6331

AT'N.: Gustavo López A. y / o Moisés Hernández T.

Departamento de Procesos y Compras Técnicas

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM

SU REFERENCIA: SOLICITUD DE COTIZACIÓN DE RECIPIENTE SEPARADOR
VAPOR – LIQUIDO, CONSTRUIDO EN POSICIÓN HORIZONTAL
CLAVE: FA-2000
EN MÉXICO DF.

NUESTRA REFERENCIA: COTIZACIÓN COMERCIAL

NÚMERO: TCS – 2000 –1

FECHA: DICIEMBRE / 2001

ESTIMADOS SEÑORES:

De acuerdo con su solicitud, nos permitimos proporcionar a Ustedes la cotización comercial del equipo indicado en su referencia, esta se basa en sus especificaciones y anexos a solicitud, estando en estricto acuerdo con ellas y con las siguientes consideraciones generales.

- Recipiente separador horizontal vapor-liquido, precio neto
- Unitario LAB. en México, DF y en MN. \$ 204,036.00

- Prueba hidrostática incluida
- Partes de repuesto para 2 años de operación con precios desglosados no requiere
- La presente oferta tiene una vigencia de 90 días y no incluye el IVA., el cual se incluirá en el momento de su facturación.
- La presente oferta no indica ningún tipo de descuentos en este equipo.

1. PESOS Y DIBUJOS CONSIDERADOS

PARTIDA	CLAVE DEL EQUIPO	CANTIDAD	PESOS VACIO EN Kg
1	FA-2000	1	2,789.00

2. El equipo se construirá de acuerdo a los materiales ASTM solicitados.

3. Los precios incluyen:

- A. Materiales y/o trabajos en campo
- B. Relevado de esfuerzos
- C. Instrumentos de control y/o medida
- D. Aislamiento y su colocación
- E. Plataformas y escaleras
- F. Recubrimiento interior
- G. Clips, para aislamiento y plataforma
- H. Diseño de obra civil y cimentaciones

5. Consideramos que la construcción es basándose en los planos, suministrados para construcción, siendo nuestra única obligación la elaboración de dibujos de taller y lista de materiales.

6. Tiempo de entrega, de acuerdo con nuestros programas de fabricación, consideramos construir éste equipo en un periodo de 8 semanas, contadas a partir de la recepción de los materiales necesarios en nuestra planta, habiendo ya recibido el anticipo por parte de ustedes.

El programa anterior, está condicionado a la entrega oportuna de materiales por nuestros proveedores en caso de algún retraso en la entrega de éstos, el programa se verá afectado y se lo daremos a conocer tan pronto como sea posible.

7. Garantía, Construcciones y Reparaciones Aldomet SA de CV, garantiza el equipo fabricado bajo éstas especificaciones por un periodo de 1 año a partir de la terminación de los trabajos y reparará o repondrá LAB. en su planta en México, DF, cualquier pieza defectuosa por errores en materiales o mano de obra.



CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV.

Canal Nacional No. 1996

Col. Valle Sur

CP. 09810, México, DF.

Tel. 5582-7478 5582-7108

<http://www.Constrepa.com.mx>

E-mail cnrepa@hotmail.com.mx

AT'N: Ing. Arturo Sánchez D.

Gerente de Ventas

8. Validez de la oferta, los precios de nuestra cotización deben entenderse válidos por un periodo de 20 días a partir de la cotización comercial.

9. Escalación de precios, todos los precios referentes a los recipientes separadores vapor-liquido están sujetos a escalación según la fórmula autorizada para la industria metalmeccánica.

10. Penalización, Construcciones y Reparaciones Aldomet SA DE CV, acepta penalizaciones por retrasos imputables a la entrega del equipo o cualquier otro concepto involucrado en la fabricación del equipo, hasta un total acumulable del 5% del valor del orden de compra.

11. Condiciones de pago, las condiciones de pago estipuladas en el pedido se deben de ajustar a lo siguiente:

15% Del precio total con la orden de compra.

35% Contra recepción de materia prima.

50% 90 Días después de facturación.

12. Lugar de entrega, a menos que otra cosa se especifique en esta cotización, la entrega del recipiente separador horizontal vapor-liquido debe de entregarse en la bodega de Construcciones y Reparaciones Aldomet SA de CV, en nuestra planta en México, DF.

El cumplimiento de todo lo anterior será la única obligación y responsabilidad de Construcciones y Reparaciones Aldomet, SA. de CV. después de la construcción del equipo su aceptación por parte de la FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM.

Esta garantía no cubre ninguna acción destructiva por reacciones químicas o electrolíticas.

Agradecemos su solicitud y en espera de sus noticias quedamos de ustedes.

ATENTAMENTE

Ing. Arturo Sánchez D.

Gerente de Ventas

Construcciones y Reparaciones Aldomet SA de CV



CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV.

Canal Nacional No. 1996

Col. Valle Sur

CP. 09810, México, DF.

Tel. 5582-7478 5582-7108

[http: //www. constrepa.com.mx](http://www.constrepa.com.mx)

E-mail cnrepa@hotmail.com.mx

AT'N: Ing. Arturo Sánchez D.

Gerente de Ventas

SUBTOTAL: \$204,036.00

IVA. 15 % : \$ 30,605.40

TOTAL: \$234,641.40

(Doscientos treinta y cuatro mil seiscientos cuarenta y un pesos 40/100 mn.)

ccp. Archivo

COTIZACION TECNICA

CLIENTE: FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM	HOJA 01 de 04
SOLICITUD DE COTIZACION No SC-RCI-2000	PROYECTO: TESIS
PRESUPUESTO No. S/N	Planta: FESZ / UNAM
	Fecha: DIC / 2001
	Emisión No. 0

1. Equipo No. FA-2000 NOMBRE: RECIPIENTE SEPARADOR DE BALANCE

2. Planos No.s DM-TAE-E- 2000 Rev. 0 Fecha: diciembre-01

DM-TAE-D-2000 Rev. 0 Fecha: diciembre-01

Rev. _____ Fecha: _____

3. Peso Estimado 2789.00 kg Formula de Embarque: TOTALMENTE ARMADO

Cantidad Equipos: UNO (1)

4. Especificaciones y fabricación: SEGÚN CODIGO ASME SECC. VIII DIV.1 ULTIMA EDICION Y ADDENDAS

5. Material cuerpo: SA- 203 Gr D Esp. 5/16 in (7.94 mm) Mínimo
Nom.

6. Tapas:

a) Material SA-203 Gr D Esp. 1/2 in (12.70 mm) Mínimo
Nom.

b) Tipo TORRIESFERICAS (F&D)

c) Diam. 1981.20 mm Ex. In. 38 mm Ceja recta

7. Boquillas:

a) Designadas según su plano: 5 de 3" Ø MCA. "A, C, D, E Y F", 2 de 2" Ø MCA "B y K" 2 de 1/2" Ø MCA. "G y H"
1 de 24" Ø MCA "M"

b) Tipo de bridas: WNRF PARA BOQUILLAS DE 3" Y 2" WNRF PARA 24", 150 # PARA TODAS Y 2" COPLES DE
3/4" DE 3000 #

c) Material bridas: SA-105

d) Cédula de bridas: c/80 3" Ø 2" Ø, PL 5/16" de SA-203 Gr D Ø PARA 24", c/160 PARA 1/2"

e) Refuerzos de boquillas: Mayores de 2" Ø Esp. 12.70 mm Nom.

f) Material de refuerzos de boquillas: SA-203 Gr D

g) Cuello de boquillas de: Placa p/boq's, MCA. 24" y tubo para las demás

h) Material cuello boquillas: SA-203 Gr D para placa y SA-53 Gr B para tubo
con espesor de 5/6" para placa y C/80 y C/160 para tubo

Elaboró

Reviso:

Aprobó:

CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, S.A. DE C.V.
INGENIERIA Y CONSTRUCCION DE EQUIPO DE PROCESO



COTIZACION TECNICA

CLIENTE:	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM	HOJA 02 de 04
SOLICITUD DE COTIZACION No	SC-RCI-2000	PROYECTO: TESIS
PRESUPUESTO No.	S/N	Planta: FESZ / UNAM
		Fecha: DIC/2000
		Emisión No. 0

8. Material faldón: NO REQUIERE Esp. NO REQUIERE
 Anillo base faldón: NO REQUIERE Esp. NO REQUIERE
9. Material silleta SA-203 Gr D Esp. 5/8" Nom: _____
10. Anillo de refuerzo NO REQUIERE
11. Acero Estructural: A-36
12. Material Interiores: NO REQUIERE
13. Grapas para Escaleras y/o tuberías: _____ Cant. _____
14. Soportes para Aislamiento: SI REQUIERE CLIPS
- a) Anillos: NO REQUIERE Cant. NO REQUIERE
 b) Anclas NO REQUIERE Cant. NO REQUIERE
15. Aislamiento: NO REQUIERE In.t Ext.
16. Recubrimiento: NO REQUIERE In.t Ext.
17. Tornillería Interiores:
- a) Material tornillos o espárragos: NO REQUIERE
 b) Material tuercas: NO REQUIERE
18. Tornillería Exteriores:
- a) Material tornillos espárragos: A-193-B7 PARA REGISTRO DE HOMBRE
 b) Material tuercas: A-194-2H PARA REGISTRO DE HOMBRE
19. Empaques: FLEXITALLIC "CG" 1/8" ESP.
20. Material soldadura:
- a) Manual: E-6010 y E-7018

Elaboró: _____ Reviso: _____ Aprobó: _____

COTIZACION TECNICA

CLIENTE:	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM	HOJA 03 de 04
SOLICITUD DE COTIZACION No	SC-RCI-2000	PROYECTO: TESIS
PRESUPUESTO No.	S/N	Planta: FESZ / UNAM
		Fecha: DIC/2000
		Emisión No. 0

b) Automática: EM12K Y FLUX PV-60

c) Otros: NO REQUIERE

22. Otras inspecciones: SOLDADURA BOQUILLAS Líquidos penetrantes
NO REQUIERE Particular magnéticas
NO REQUIERE Ultrasonido

23. Relevado de esfuerzos: NO REQUIERE
 Excepto: _____

24. Prueba Hidrostática: 10.50 KG/CM² MAN. EN POSICIÓN HORIZONTAL

25. Limpieza:

a) Mecánica manual: SI REQUIERE Ext. Int.

b) Chorro de rena exterior: SI REQUIERE Comercial:

c) Chorro de arena para interiores: NO REQUIERE

26. Pintura:

a) Especificación: PRIMARIO ANTICORROSIVO Ext. Int.

b) Esp. De capa final: 2.3 MILS Ext. Int.

c) Otros: _____

27. Notas generales: Se incluye

1. REGISTRO DE HOMBRE DE 24 Ø CON TAPA Y PESCANTE (BRIDAS WNRF Y CIEGA RF 150 #
2. PLACA DE NOMBRE
3. PLACA DE APROBACIÓN DEL EQUIPO POR PARTE DE LA SRIA. DEL TRABAJO Y PREVISION SOCIAL
4. UN PROMEDIO DE 5500 BARRENOS DE 25 mm Ø DISTRIBUIDOS EN MAMPARAS VERTICALES Y HORIZONTALES
5. SE PROTEGERÁN TODAS LAS BOQUILLAS CON UNA TAPA DE FIBRACEL.

Elaboró

Reviso:

Aprobó:

CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, S.A. DE C.V.
INGENIERIA Y CONSTRUCCION DE EQUIPOS DE PROCESO



COTIZACION TECNICA

CLIENTE:	FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM	HOJA 04 de 04
SOLICITUD DE COTIZACION No	SC-RCI-2000	PROYECTO: TESIS
PRESUPUESTO No.	S/N	Planta: FESZ / UNAM
		Fecha: DIC/2000
		Emisión No. 0

28. Certificamos que nuestra propuesta técnica cumple con todos los documentos y especificaciones de la requisición, excepto lo siguiente:

NINGUNA

ELABORO

ING. ARTURO SANCHEZ D.
GERENTE DE VENTAS
CANAL NACIONAL NO. 1996
COL. DEL VALLE SUR
C.P. 09810
MEXICO, D.F.
TELS. 5582-74-78 5582-71-08
E-mail cnrepa@hotmail.com.mx
<http://www.cnstrepa.com.mx>

15.13. Tabla técnica-comercial de un recipiente separador vapor-líquido

TABULACION DE COTIZACIONES TECNICAS RECIPIENTES A PRESION				REV: 0	PROVEEDOR: CONSTR.Y REP. ALDOMET SA DE CV REF. N° CRA-2000-1	CUMPLE TECNICAMENTE	PROVEEDOR: T. COORPORATIVO SAMS SA DE CV REF. N° TCS-2000-1	CUMPLE TECNICAMENTE	PROVEEDOR: REF. N°	CUMPLE TECNICAMENTE
S.C.RCI-2000	ESP:FESZ-ESI-2000	REV:0	HD:TI-2000		FECHA :DIC./2001		FECHA :DIC./2001		FECHA :	
ESPECIFICACIONES				DATOS	FECHA :DIC./2001		FECHA :DIC./2001		FECHA :	
GENERAL										
CLAVE				FA-2000	FA-2000	SI	FA-2000	SI		
SERVICIO				ALIM. DE ETILENO	ALIM. DE ETILENO	SI	ALIM. DE ETILENO	SI		
NUMERO DE UNIDADES				UNO (1)	UNO (1)	SI	UNO (1)	SI		
CONDICIONES DE OPERACIÓN										
FLUIDO				ETILENO	ETILENO	SI	ETILENO	SI		
CAPACIDAD		M^3		14,94	14,94	SI	14,94	SI		
DENSIDAD		(Kg/m^2)		531,80	531,80	SI	531,80	SI		
PRESION		$(Kg/cm^2 @)$		5,00	5,00	SI	5,00	SI		
TEMPERATURA		$(°C)$		-79,00	-79,00	SI	-79,00	SI		
DATOS DE DISEÑO										
PRESION		$(Kg/cm^2 @)$		7,00	7,00	SI	7,00	SI		
TEMPERATURA		$(°C)$		-79,00	-79,00	SI	-79,00	SI		
CORROSION PERMISIBLE:(CUERPO/TAPAS)		(mm)		1.59 /1.59	1.59 /1.59	SI	1.59 /1.59	SI		
CARGA DE VIENTO/COEFICIENTE SISMICO				120.00/0.36	120.00/0.36	SI	120.00/0.36	SI		
CONSTRUCCION										
CODIGO				ASME SECC. VIII DIV.1	ASME SECC. VIII DIV.1	SI	ASME SECC. VIII DIV.1	SI		
CODIGO DE SOLDADURA/ELECTRODO				AWS/E-7018	AWS/E-7018	SI	AWS/E-7018	SI		
TIPO				HORIZONTAL	HORIZONTAL	SI	HORIZONTAL	SI		
LONGITUD:(TANGENTE/TANGENTE)				4876,80	4876,80	SI	4876,80	SI		
DIAMETRO		(mm)		1981,20	1981,20	SI	1981,20	SI		
TIPO DE TAPAS				TORIESFERICAS	TORIESFERICAS	SI	TORIESFERICAS	SI		
ESPESOR DE CUERPO Y TAPAS		(mm)		7.94/12.70	7.94/12.70	SI	7.94/12.70	SI		
TIPO DE SOPORTE				SILLETAS	SILLETAS	SI	SILLETAS	SI		
PINTURA				ANTICORROSIVA	ANTICORROSIVA	SI	ANTICORROSIVA	SI		
RECUBRIMIENTO INTERIOR				NO REQUIERE	NO REQUIERE	SI	NO REQUIERE	SI		
PESO VACIO		Kg		2789,00	2789,00	SI	2789,00	SI		
PESO EN OPERACIÓN		Kg		12188,00	12188,00	SI	12188,00	SI		
SUMINISTRO DE PLACA DE S.T.P.S.				REQUERIDA	REQUERIDA	SI	REQUERIDA	SI		
ESPECIFICACIONES										
RADIOGRAFIADO: CUERPO Y TAPAS				POR PUNTOS/TOTAL	POR PUNTOS/TOTAL	SI	POR PUNTOS/TOTAL	SI		
REVELADO DE ESFUERZOS				NO REQUIERE	NO REQUIERE	SI	NO REQUIERE	SI		
EFICIENCIA DE JUNTAS				85%/100%	85%/100%	SI	85%/100%	SI		
PREP. DE SUPERFICIE INTERNA/EXTERNA				NO /SAND BLAST	NO /SAND BLAST	SI	NO /SAND BLAST	SI		
PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA		$(Kg/cm^2 @)$		10,50	10,50	SI	10,50	SI		
AISLAMIENTO				CLIPS SUJECION	CLIPS SUJECION	SI	CLIPS SUJECION	SI		
				PLANTA: FES ZAR. LUGAR: MEXICO D.F. PROYECTO: TESIS		CUMPLE TECNICAMENTE		CUMPLE TECNICAMENTE		
FA-2000 (RECIPIENTE DE BALANCE)										
				PREPARO:GLM/H	REVISO:RMM	APROBO:RMM	FECHA:DIC./2001	HOJA:1 DE 3		

TABULACION DE COTIZACIONES TECNICAS								REV: 0	PROVEEDOR:	CUMPLE TECNICAMENTE	PROVEEDOR:	CUMPLE TECNICAMENTE	PROVEEDOR:	CUMPLE TECNICAMENTE
RECIPIENTES A PRESION								REV: 0	CONSTR. Y REP.		T. COORPORATIVO		REF. N°	
S.C.RCI-2000 ESP:FESZ-ESI-2000 HD:TI-2000 REV:0								DATOS	ALDOMET SA DE CV		SAMS SA DE CV		FECHA:	
ESPECIFICACIONES								FECHA: DIC./2001	REF. N° CRA-2000-1		REF. N° TCS-2000-1		FECHA:	
MATERIALES								SA-203 Gr D	SA-203 Gr D	SI	SA-203 Gr D	SI		
CUERPO								SA-203 Gr D	SA-203 Gr D	SI	SA-203 Gr D	SI		
TAPAS								SA-203 Gr D	SA-203 Gr D	SI	SA-203 Gr D	SI		
CUELLO DE BOQUILLAS								SA-203 Gr D	SA-203 Gr D	SI	SA-203 Gr D	SI		
PLACA DE REFUERZO								SA-203 Gr D	SA-203 Gr D	SI	SA-203 Gr D	SI		
BRIDAS								A-105	A-105	SI	A-105	SI		
ANILLO DE REFUERZO								NO REQUIERE	NO REQUIERE	SI	NO REQUIERE	SI		
TUERCAS/TORNILLOS								A-194-2H/A-193-B7	A-194-2H/A-193-B7	SI	A-194-2H/A-193-B7	SI		
SOPORTES DE ESCALERA								SA-285 Gr C/SA-36	SA-285 Gr C/SA-36	SI	SA-285 Gr C/SA-36	SI		
EMPAQUES								FLEXITALLIC CG / 1/8"	FLEXITALLIC CG / 1/8"	SI	FLEXITALLIC CG / 1/8"	SI		
PLATAFORMA								SA-36	SA-36	SI	SA-36	SI		
LISTA DE BOQUILLAS								REQUERIDA	SI		SI			
		BRIDAS		CUELLO		COPLER								
MARCA	CANT.	DIAM. EN in	PROY. EN mm	TIPO / RANGO / MAT.	CED. / MAT.	RANGO / MAT.	SERVICIO							
A	1	3	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	ALIM. LIQ.-VAP.	SE PROPORCIONAN	SI					
B	1	2	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	VALV. SEG.	TODAS LAS	SI					
C	1	3	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	SAL. LIQ.	BOQUILLAS DE ACUERDO	SI					
D	1	3	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	TRANS. NIVEL	A LA LISTA ANEXA	SI					
E	1	3	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	TRANS. PRE.	Y PLANOS	SI					
F	1	3	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	TRANS. TEMP.		SI					
G	1	3/4	51	-	-	3000#/SA-53 Gr B	IND. PRE.		SI					
H	1	3/4	51	-	-	3000#/SA-53 Gr B	IND. TEMP.		SI					
K	1	2	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	DREN.		SI					
L-1,2	2	1 1/2	200	WNRF/150#/SA-105	80/SA-106	NO/NO	V. NIVEL		SI					
M	1	24	250	WNRF/150#/SA-105	80/SA-203 Gr D	NO/NO	REG. HOMBRE		SI					



FA-2000
(RECIPIENTE DE BALANCE)

PLANTA: FES ZAR.
LUGAR: MEXICO D.F.
PROYECTO: TESIS

CUMPLE
TECNICAMENTE

CUMPLE
TECNICAMENTE

PREPARO:GL/MH

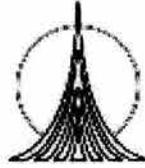
REVISOR:RMM

APROBO:RMM

FECHA: DIC./2001

HOJA: 1 DE 3

TABULACION DE COTIZACIONES COMERCIAL RECIPIENTES A PRESION				REV: 0	PROVEEDOR: CONSTR.Y REP. ALDOMET SA DE CV REF. N° CRA-2000-1	CUMPLE COMERCIALMENTE	PROVEEDOR: T. COORPORATIVO SAMS SA DE CV REF. N° TCS-2000-1	CUMPLE COMERCIALMENTE	PROVEEDOR: REF. N°	CUMPLE COMERCIALMENTE	PROVEEDOR: REF. N°	CUMPLE COMERCIALMENTE
S.C.RCI-2000 ESP:FESZ-ESI-2000 REV:0 HD:TI-2000												
ESPECIFICACIONES GENERALES				DATOS	FECHA:OCT./2001		FECHA:OCT./2001		FECHA:		FECHA:	
1. DESCRIPCION Y PRECIOS												
PARTIDA	CANTIDAD	DESCRIPCION										
1	1	RECIPIENTE SEPARADOR DE BALANCE, PARA ALIMENTACION DE ETILENO AL REACTOR CLAVE: FA-2000 CAPACIDAD: 14.93 M ³ FLUJO DE ETILENO: 15890.00 Kg/hr TAPAS: TORIESFERICAS CONSTRUIDO:ACERO AL CARBON, SA-203 Gr D SOPORTADO: POR SILLETAS EN ACERO AL CARBON DISEÑADO: CODIGO ASME SECC. VIII DIV. 1 DIAMETRO:1981.20 mm LONGITUD TANG./TANG.:4876.80 mm		REQUERIDOS POR DISEÑO Y LISTADOS EN LA TABULACION TECNICA Y COMERCIAL	INFORMACION DE ACUERDO CON TABLA COMPARATIVA TECNICA	SI SI SI SI SI SI SI	INFORMACION DE ACUERDO CON TABLA COMPARATIVA TECNICA	SI SI SI SI SI SI SI				
2. PRECIO UNITARIO				POR PROVEEDOR	\$204.036,00	SI	\$234.641,00	SI				
DESCUENTO				POR PROVEEDOR	NO SE INDICA	SI	NO SE INDICA	SI				
PRECIO TOTAL				POR PROVEEDOR	\$234.641,40	SI	\$234.641,00	SI				
3. COTIZACION FOB				FOB C. DE MEXICO	CIUDAD DE MEXICO	SI	CIUDAD DE MEXICO	SI				
4. TIEMPO DE ENTREGA DEL EQUIPO				POR PROVEEDOR	4 SEMANAS DESPUES DE RECIBIR PEDIDO	SI	6 SEMANAS DESPUES DE RECIBIR PEDIDO	SI				
5. EQUIPO CONSTRUIDO EN BASE A PLANOS												
DM-TAE-E-2000 REV.0				REQUERIDO	SE CONSTRUYE EN BASE A PLANOS ADJUNTOS	SI	SE CONSTRUYE EN BASE A PLANOS ADJUNTOS	SI				
DM-TAE-D-2000 REV.0				REQUERIDO		SI		SI				
6. CONDICIONES DE PAGO				POR PROVEEDOR	15% ANTICIPO 35% PEDIDO	SI SI	15% ANTICIPO 35% PEDIDO	SI SI				
7. GARANTIA				REQUERIDA	1 AÑO OPERACIÓN O 24 MESES DESPUES EMBARQUE	SI SI	1 AÑO OPERACIÓN O 24 MESES DESPUES EMBARQUE	SI SI				
8. VALIDEZ DE LA OFERTA				POR PROVEEDOR	90 DIAZ	SI	90 DIAZ	SI				
9. FECHA DE VENCIMIENTO DE LA OFERTA				POR PROVEEDOR	diciembre-01	SI	diciembre-01	SI				
10. PARTES DE REPUESTO UN % CON RESPECTO AL COSTO DEL EQUIPO				NO REQUIERE	NO REQUIERE	SI	NO REQUIERE	SI				
11. MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO				NO REQUIERE	NO REQUIERE	SI	NO REQUIERE	SI				
12. PENALIZACION				HASTA 5% DEL VALOR DE COMPRA	HASTA 5% DEL VALOR DE COMPRA	SI	HASTA 5% DEL VALOR DE COMPRA	SI				
 FA-2000 (RECIPIENTE DE BALANCE)				PLANTA: FES ZAR. LUGAR: MEXICO D.F. PROYECTO: TESIS		ESTE PROVEEDOR OFRECE MEJORES CONDICIONES COMERCIALES, PRECIO, TIEMPO DE ENTREGA, PAGO Y GARANTIA						
				PREPARO:GL/MH	REVISO:RMM	APROBO:RMM	FECHA:OCT./2001	HOJA:2 DE 2	HOJA:3 DE 3			



15.14 ELABORACION DE PREGUNTAS TECNICAS Y COMERCIALES A PROVEEDORES

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM
Av. Guelatao No. 66
Col. Ejercito de Oriente
CP 09230, México DF.
Tels. 5773-6310 5773-6331

PREGUNTAS TÉCNICAS A PROVEEDORES

FECHA: Diciembre/2001
REQUISICIONES: RQ-FESZ-RS-2000
COTIZACIÓN: CRA-2000-1
PROVEEDOR: CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA DE CV.
Y TALLER CORPORATIVO SAMS SA DE CV.

ASUNTO: Preguntas técnicas a proveedores.

Por medio de la presente le informo a los proveedores arriba mencionado que en su cotización técnica y comercial se tienen las siguientes cuestiones:

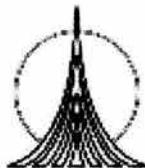
1. No existen aclaraciones técnicas y comerciales a la cotización técnica y comercial.

NOTA. Espero que al no existir preguntas técnicas ni comerciales, se acelere el trámite interno y se seleccione rápidamente al proveedor.

Gustavo López A.
Proceso / Compras
Técnicas.

Moisés Hernández T.
Proceso / Compras
Técnicas.

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor Técnico.



15.15. Recomendaciones técnicas y comerciales de un recipiente separador vapor-liquido

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM
Av. Guelatao No 66
Col. Ejercito de Oriente.
CP 09320 México DF.
Tels. 5773-6310 5773-6331

PROPUESTA DE SELECCIÓN COMERCIAL DE PROVEEDORES

FECHA: Diciembre / 2001
REQUISICIÓN: RQ-FESZ-RS-2000

**COTIZACIÓN: TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV CRA-2000-1
CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA DE CV TCS-2000-1**

EQUIPO : RECIPIENTE SEPARADOR DE BALANCE
CLAVE: FA-2000

1. PROVEEDORES QUE COTIZAN MEJOR COMERCIALMENTE

- A. CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV.
- B. TALLER CORPORATIVO SAMS, SA. DE CV.

OBSERVACIONES: El proveedor Construcciones y Reparaciones Aldomet, SA. DE CV. primeramente cumple técnicamente y nos ofrece un mejor precio, por lo que el equipo se le comprará al proveedor antes mencionado.

Seleccionó:

Aprobó:

Gustavo López A. / Moisés Hernández T.
Proceso Compras / Técnicas

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor Técnico



15.16 Dictamen de selección de compra de un recipiente separador vapor-liquido.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM

Av. Guelatao No.66,

Col. Ejercito de Oriente.

CP 09230, México, DF.

TELS. 5773-6310 5773-6331

PROPUESTA DE SELECCIÓN COMERCIAL DE PROVEEDORES

FECHA: DICIEMBRE / 2001

REQUISICIÓN: RQ-FESZ-RS-2000

COTIZACIÓN: TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV CRA-2000-1

CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV. TCS-2000-1

EQUIPO: RECIPIENTE SEPARADOR DE BALANCE

CLAVE: FA-2000

1. PROVEEDORES QUE CUMPLAN TÉCNICAMENTE

A. CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA DE CV

B. TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV

C. -----

2. PROVEEDORES QUE NO CUMPEN TÉCNICAMENTE

A) -----

B) -----

C. -----

3. RECOMENDACIÓN TÉCNICA EN ORDEN PREFERENCIAL

A) CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV

B) TALLER CORPORATIVO SAMS, SA DE CV

4. OBSERVACIONES:

El proveedor Construcciones y Representaciones Aldomet, SA de CV, nos cumple con las condiciones de operación de diseño, construcción materiales de construcción, pruebas número y localización de boquillas, se apega en lo más posible al plano de construcción, ofrece un buen tiempo de entrega y nos ofrece un excelente precio por lo que no se tiene ningún inconveniente en seleccionar y colocarle el pedido.

por otro lado no se recomienda comprarle al proveedor Taller Corporativo Sams, SA de CV cumple técnicamente muy bien, pero su precio resulta alto.

SELECCIONO:

APROBÓ:

Gustavo López A./ Moisés Hernández T.
Proceso y Compras Técnicas.

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor Técnico



15.17 COLOCACIÓN DEL PEDIDO DE UN RECIPIENTE SEPARADORE VAPOR- LIQUIDO

Teoría Cálculo y Procura de Recipientes Separadores Vapor-Líquido.

México, DF. diciembre 2001

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES ZARAGOZA UNAM

Requisición Número: RE-FESZ-RS-2000

Pedido número: PD-FESZ-RS-2000

Este pedido es para el proveedor: CONSTRUCCIONES Y REPARACIONES ALDOMET, SA. DE CV.

Cotización del proveedor seleccionado:

Este equipo: Se requiere por Tesis.

Cantidad	Unidad	Descripción.
1	Pieza	<p>Recipiente separador de balance, posición: horizontal, servicio: alimentación de etileno a reactor, clave: FA-2000, CAPACIDAD: 14.94 M³, diámetro: 1.9812 m, longitud tangente-tangente: 4.8768 m, tiempo de residencia: 29.02 min., Flujo de etileno: 15890.0 kg/hr, densidad de etileno: 0.5318 gr/cm³, presión de operación: 5.0 kg/cm² (G), temperatura de operación: -79.00° C, tipo de cabezas: toriesféricas, material de construcción cuerpo y tapas: acero al carbón SA-203 Gr D, espesor de cuerpo: 5/16", espesor de tapas 1/2", tolerancia por corrosión: 1/16", soportes: silletas, material de construcción de silletas: acero al carbón, se proporciona placa de la secretaria de trabajo y previsión social con datos de diseño y construcción.</p> <p>Hoja de datos: HD-T1-2000, diagramas mecánicos: DM-TAE-E-2000 y DM-TAE-D-2000</p> <p>Aislamiento: se requieren clips de sujeción de aislamiento</p> <p>Código de diseño del equipo: ASME SECCION VIII DIVISIÓN 1</p> <p>Código de diseño de soldadura AWS electrodo: 7018</p> <p>Código de diseño boquillas y bridas: ANSI B-16.5</p> <p>Código de diseño para materiales: ASTM</p> <p>Se requiere: prueba hidrostática sin atestiguar</p> <p>Se requiere: Radiografiado al 100% en unidades de tapas y cuerpo y 85% en uniones del cuerpo</p>

Precio: \$ 204,036.00

IVA. 15% \$ 30,605.40

Precio Total: \$ 234,641.40 (doscientos treinta y cuatro mil seiscientos cuarenta pesos 40/100 MN.)

Gustavo López A.
Proceso /Compras
Técnicas.

Moisés Hernández T.
Proceso / Compras
Técnicas

Ing. Rene de la Mora M.
Asesor Técnico

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los Recipientes Separadores Horizontales y Verticales Vapor-Líquido, son de importancia fundamental para el estudio del Ingeniero Químico, ya que éstos nos proporcionan capacidades para una serie de fines, para lo cuál se requiere del conocimiento de los fluidos materiales, información técnica, boletines, manuales, software y códigos de diseño los cuáles las autoridades gubernamentales establecen, o adoptan y los hacen reglas que consideran de interés general para el público, fabricantes, aseguradoras, firmas de ingeniería y otros grupos concernientes.

Por lo que aquí presentamos un camino o forma de cómo diseñar éstos equipos tanto termodinámicamente y mecánicamente, así como el contorno necesario para su completo conocimiento, desde las bases de diseño, criterios longitud-diámetro, tiempo de residencia, elementos y accesorios principales, instrumentación típica, métodos de dimensionamiento para recipientes separadores, diseño mecánico, costos de equipo, fabricación y procura de éstos recipientes separadores etc., de tal manera que ésta tesis muestra la teoría necesaria para dimensionar a cabalidad los recipientes separadores vapor-líquido.

Aunque en nuestro país y en muchos otros se ha dado una acelerada aplicación de software que ejecuta el diseño termodinámico y mecánico de forma mucho más rápida y eficiente, pero para el manejo de éstos paquetes de diseño se requieren conocimientos amplios de todos los aspectos técnicos importantes que nos lleven a los logros de diseños de recipientes separadores vapor-líquido seguros, eficientes y confiables, de tal manera que cuando éstos equipos sean incorporados a los procesos petroquímicos, químicos etc., en los que intervienen no desentonen con el diseño de los otros equipos, tales como bombas, torres de destilación, reactores y otros, pero sin perder de vista que el ingeniero de proceso que diseña éstos equipos tenga un conocimiento basto del manejo del software para prevenir diseños erróneos o sin lógica alguna.

Por lo tanto dentro del campo de la separación de mezclas vapor-líquido se han desarrollado una serie de tecnologías y patentes que cumplen perfectamente las funciones de éstos equipos tales como Porta-Test Co, Wright-Austin Co, Blas-Knox Co. Nacional Tank Co. Y éstos fabricantes ya ofrecen en el mercado los equipos horizontales o verticales para una serie de capacidades, con una serie de internos y con todos los accesorios e instrumentos requeridos para su buen funcionamiento y además diseñados bajo el código ASME SECC. VIII, por lo que se ha simplificado mucho el diseño y únicamente hay que seleccionarlo de acuerdo a nuestras necesidades.

En éste trabajo también se da una perspectiva de cómo pueden ser costeados éstos equipos considerando el perfil geométrico, partes internas, material de construcción, posición y peso del equipo, optimizando así el costo del equipo en base a las dimensiones mínimas.

Por último se planteó de una forma práctica la forma más común en firmas de ingeniería del procedimiento de procuración de recipientes separadores vapor-líquido, es decir la forma más sencilla de comprar a un costo razonable éstos equipos en un tiempo razonable para no producir retrasos en la construcción de las plantas de proceso, normalmente éste trabajo es realizado por el departamento de procuración de una compañía dentro de la cuál el ingeniero químico es un puntal muy importante.

Para plantear la procuración se plantea como base una serie de tramites necesarios para efectuar la compra del equipo dando una visión clara de todos los documentos requeridos para dicho fin.

Bibliografía

1. Perry H. R. and Chilton, H. C.
Manual del Ingeniero Químico, Mc Graw- Hill Quinta Edición 1974.
2. Ludwing Ernest
Applied Process Design for chemical and Petroquimical Plants, Volumen 1
Gulf Publishing Co. Houston Texas 1975.
3. Rase and Barrow
Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso
Compañía Editorial Continental SA 1981.
4. American Society of Mechanical Engineers Seccion VIII Division I (ASME), Boiler and
Pressure Vessel Code, New York, Edition 1971.
5. Petróleos Mexicanos
Especificaciones Generales para Proyecto de Obra.
Diseño de Recipientes a Presión, Norma No. 2.612.01, 1975.
6. Wire Mesh Mist Eliminators
Chemical Engineering Progress, June 1963 page 45 Vol. 59 No. 6
7. Performance of Wire-Mesh Demisters.
Chemical Engineering Progress, August 1954 page 421 Vol. 50 No. 8
8. How to Design Settling Drums
Chemical Engineering, June 23, 1975 page 141
9. More on Design of Reflux Drums.
Chemical Engineering September 29, 1975 page 87
10. Check These Points When Designing Knockout Drums
Hydrocarbon Processing and Petroleum refiner, June 1961 Vol. 40 No. 6 page 155
11. How Arrange Process Drums
Petroleum Refiner, May 1961 Vol. 40 No. 5 page 195
12. Sizing liquid liquid Phase Separators Empirically
Chemical Engineering, July 8 1974
13. Monographs Gives Optimum Vessel Size
Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, June 1961, Vol. 40 No. 6 page 198
14. How to Size Liquid Vapor Separators
Chemical Engineering, May 4 1981 page 81
15. Liquid Storage in the CPI
Chemical Engineering Desk book Issue. April 3, 1978 page 9

16. Charts Speed Pressure Vessel Design
Petroleum Refiner, March 1960, page 217

17. Find ASME Vessel Thickness by Table
Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, July 1962 Vol. 40 No.7 page 117