

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE 03 AUTOCLAVES
VERTICALES DE 30 PSI”**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

**ELABORADO POR:
DENIS JESÚS LA ROSA MAGNO**

PROMOCIÓN: 1986 - I

LIMA PERÚ

1999

*A MIS PADRES MARCELA Y
AQUILES POR EL INCANSABLE
APOYO EN MI FORMACION
COMO PROFESIONAL.*

INDICE

Página

PROLOGO

CAPITULO 1: INTRODUCCION

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1 | Introducción..... | 3 |
| 1.2 | Generalidades..... | 7 |
| 1.2.1 | Objetivo del trabajo..... | 7 |
| 1.3 | Aspectos generales de la esterilización y el uso de autoclaves..... | 7 |
| 1.3.1 | Esterilización..... | 8 |
| 1.3.2 | Esterilizadores..... | 13 |

CAPITULO 2: ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE AUTOCLAVES

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 2.1 | Especificaciones y Normas..... | 22 |
| 2.2 | Fundamento teórico..... | 23 |
| 2.2.1 | Materiales..... | 24 |

| | | |
|-------|------------------|----|
| 2.2.2 | Diseño..... | 25 |
| 2.2.3 | Fabricación..... | 32 |

CAPITULO 3: DISEÑO Y FABRICACION DE LAS AUTOCLAVES

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Proceso de diseño..... | 40 |
| 3.1.1 | Cálculo del espesor del casco o cuerpo cilíndrico..... | 42 |
| 3.1.2 | Cálculo del espesor de las cabezas o tapas..... | 49 |
| 3.1.3 | Cálculo de la presión máxima de trabajo permitida..... | 52 |
| 3.1.4 | Cálculo de dimensiones de los pernos sujetadores de la tapa..... | 54 |
| 3.1.5 | Diámetros de desarrollo de las tapas..... | 58 |
| 3.1.6 | Peso del cuerpo cilíndrico y de las tapas..... | 58 |
| 3.2 | Proceso de fabricación..... | 59 |
| 3.2.1 | Máquinas y equipos a utilizar..... | 59 |
| 3.2.2 | Proceso de fabricación..... | 62 |
| 3.3 | Control de calidad y pruebas..... | 65 |

CAPITULO 4: EVALUACION ECONOMICA

| | | |
|-----|------------------------|----|
| 4.1 | Análisis de costo..... | 67 |
|-----|------------------------|----|

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIAS

APENDICE

PLANOS

PROLOGO

Desde hace muchos años la industria de los alimentos tuvo la preocupación de mantener en buen estado y por largos periodos de tiempo sus productos envasados o comúnmente llamados Conservas.

Esto conllevó a realizar pruebas diversas en laboratorios verificando periódicamente la existencia o no de micro-organismos, utilizando ingredientes dentro de los envases como azúcares y almidones que son muy buenos conservadores o utilizando agentes externos como el calor.

Los diferentes métodos utilizados dieron lugar a que la mejor forma de prolongar la vida de las conservas de alimentos era la de inducirles indirectamente calor húmedo y vapor saturado a presión. A este proceso descrito en forma sucinta se le denomina Esterilización y es utilizado en la industria de las conservas de alimentos.

Para poder llevar a cabo este proceso que requiere temperaturas mayores de 100°C, fue necesario construir recipientes a presión, comúnmente llamados AUTOCLAVES.

El informe a desarrollar tiene como tema principal el Diseño y Fabricación de tres Autoclaves que soportan presiones de hasta 30 PSI, se ha considerado desarrollarlo en cuatro capítulos, iniciándolo con la Introducción y Generalidades detallando la relación entre la Industria de alimentos y la industria metal-mecánica y el comportamiento de este tipo de industria en el ámbito nacional. Además el objetivo en que se centrará este informe; así como también algunos aspectos generales del proceso de Esterilización y el uso de las Autoclaves.

En el segundo capítulo se detallan las Especificaciones y Normas para el Diseño de Autoclaves o de recipientes a Presión y su fundamento teórico para tal diseño.

En el tercer capítulo se trata en sí del Diseño y la fabricación por etapas hasta realizar el control de calidad respectivo incluyendo las pruebas.

En el cuarto y último capítulo se detalla el análisis de costo de fabricación de estos equipos, finalizando con sus respectivas conclusiones y algunas recomendaciones.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION

Nuestro País es un lugar privilegiado por tener grandes y ricas extensiones de terrenos agrícolas y excelentes productos vegetales. Como toda Nación que se desarrolla a medida que se Industrializa, es así que a partir de los años 80, hubo una decisión empresarial de fomentar y activar la industria del agro y por ende la agro-alimentaria.

Para lograrlo fue necesario contar con los equipos y máquinas , teniendo como problema principal su importación a un costo elevado. De allí que surgieron las empresas del ramo metal-mecánico que viendo tal necesidad recurrieron al ingenio buscando información como ilustraciones, bibliografías y de catálogos que los mismo interesados les proporcionaban, logrando complementar la ahora bien cimentada industria Agro-Alimentaria.

El 70% de industrias que procesan vegetales como frutas y hortalizas, lo realizan con equipos y maquinarias fabricados en nuestro medio.

Mayormente las conservas de vegetales son elaboradas para exportación y una de las conservas que ha tomado mayor comercialización es la de Espárragos.

La técnica utilizada en este vegetal como en los otros para su elaboración es la misma, es decir, todos pasan por un proceso general denominado METODO APPERT.

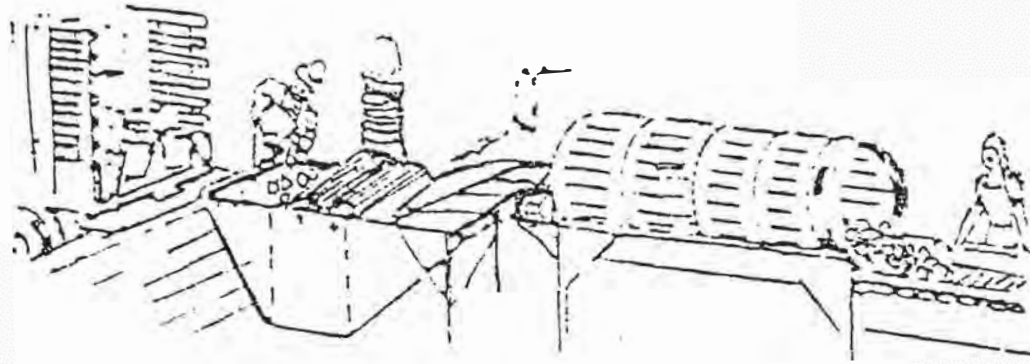
Este método comprende varias etapas como son: Recepción de la materia prima; Clasificación y Selección (De acuerdo con el tamaño, de acuerdo con la madurez, de acuerdo con el aspecto); Lavado (Remojado, Agitado, por lluvia o aspersión); Cortado y Descarozado; Pelado; Escaldado o Blanqueado (Someter al producto a la acción del agua hirviente); Selección; Envase; Jarabes y Salmueras (Llena los espacios que deja el producto, desaloja el aire, Actúa de intermediario para transmitir temperatura, actúa de amortiguador, acentúa y mejora el gusto característico); Preesterilización o Exhausting (Eliminación del aire disuelto en el producto y la formación de un ulterior vacío dentro del envase), Cerrado del envase; Esterilización (Producto sometido a altas temperaturas en función del tiempo, destruyendo micro-organismos); Enfriamiento (Detiene el proceso de cocción); (Fig. 1).

El proceso de esterilización es considerado como el más importante, ya que de él depende el éxito del producto a conservar, y que para ser realizado es necesario la utilización de los recipientes a presión denominados Autoclaves, que serán materia de discusión en el presente informe, tanto en su diseño y su fabricación.

OPERACIONES TÍPICAS DEL ENLATADO COMERCIAL

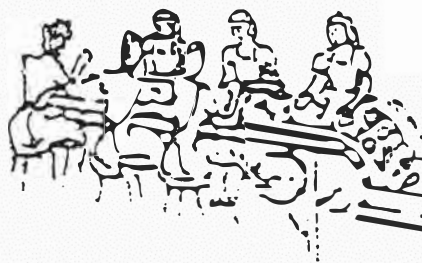


Cosecha

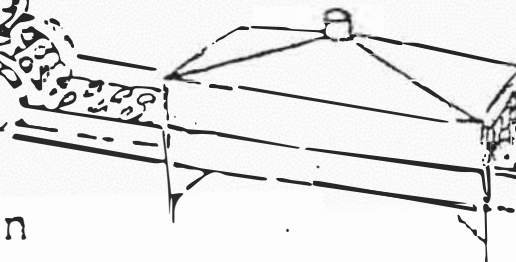


Recepción pro-
ducto primario

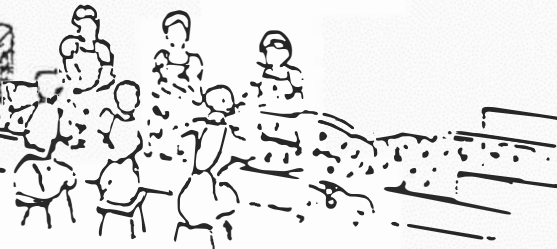
Empapado
v lavado



Clasificación
v selección



Blanqueado



Mondado

Fig. 1

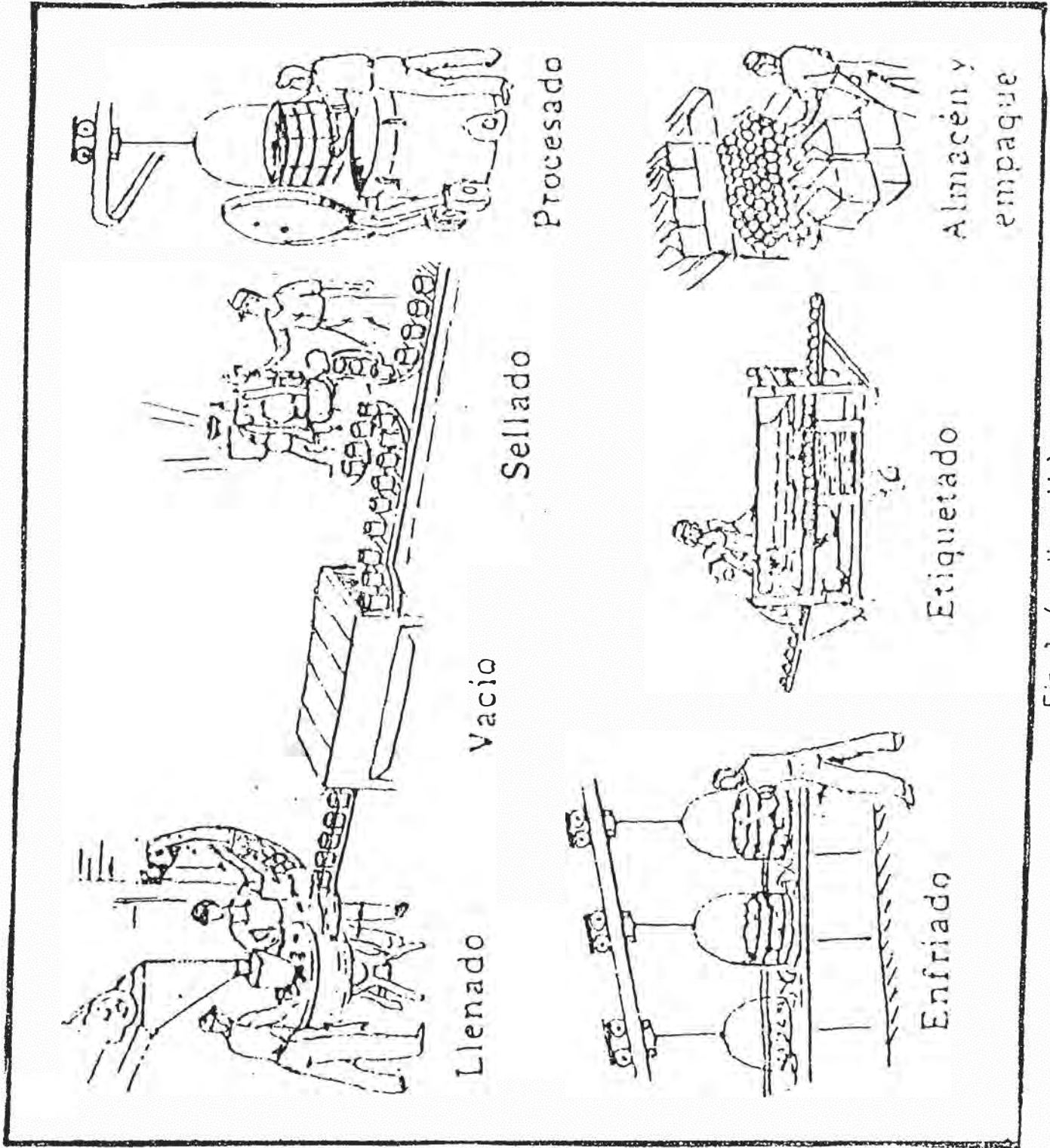


Fig. 1 (continuación)

Cabe señalar que la Fabricación de las Autoclaves fueron realizadas por la empresa metal-mecánica MEFISA, bajo la dirección de mi persona para la empresa Olympus Trading CO. S.A., exportadora de espárragos en conservas.

1.2 GENERALIDADES

1.2.1 OBJETIVO DEL TRABAJO

Optimizar el Diseño y Fabricación de tres Autoclaves, sujetas a presión y temperaturas de trabajo para la Esterilización de Conservas.

1.3 ASPECTOS GENERALES DE LA ESTERILIZACION Y EL USO DE AUTOCLAVES

Desde época inmemorial el hombre hubo de dedicarse a la conservación de los alimentos, para atender sus mínimas necesidades en la lucha por la vida para prevenir los periodos de escases o déficit de aquellos.

Asimismo, en sus expediciones y en sus guerras de conquistas, debió abordar en primer lugar el abastecimiento de sus ejércitos, buscando los mejores métodos para poder transportar y conservar, durante periodos más o menos dilatados, los alimentos básicos necesarios.

Para ello se utilizaron distintos procedimientos, basados en la observación de los procesos naturales y que luego fueron mejorados y perfeccionados para llevarlos al nivel que ocupan hoy dentro de la técnica de conservación de los

alimentos.

Es así como la desecación, la aplicación del salado, la conservación por el hielo, el uso del azúcar, etc., fueron los sistemas utilizados en primer término. Más tarde se revolucionó la técnica de la conservación de los alimentos, que llegó a su máxima expresión con la aplicación del procedimiento inventado por Appert en 1811, aunque en 1862 Pasteur hace conocer sus célebres experimentos y observaciones, demostrando que todas las fermentaciones eran producto de una actividad vital de los microorganismos presentes en los alimentos y que éstos se conservaban indefinidamente siempre que hubieran sido sometidos a la acción del calor en recipientes herméticamente cerrados, para evitar una ulterior contaminación.

1.3.1 ESTERILIZACION

Esta operación consiste en someter el producto a la acción de temperaturas elevadas durante un tiempo suficiente, con objeto de destruir todos los microorganismos presentes, a fin de asegurar la conservación del producto inalterado durante tiempo indefinido. Aunque todas las restantes operaciones del proceso de la conserva tienen particular importancia, es indudable que esta última requiere una especial atención, puesto que de ella depende en gran parte el éxito de la conserva.

En efecto, en la práctica se puede decir que la esterilización total, absoluta, es

difícil de alcanzar. Si la operación es insuficiente, se corre el riesgo de tener más o menos rápidamente fermentaciones, que redundan en perjuicio del consumidor y del conservero. Por el contrario, si la esterilización ha sido exagerada, se tendrá un producto cuyas características originales han sido modificadas en mayor o menor grado, desmereciendo la calidad. Por lo tanto, el secreto está en conservar un equilibrio tal, de manera que se asegure la buena conservación y presentación del producto tratado.

La esterilización dentro de los aparatos usados a ese efecto, se realiza por dos sistemas: 1.- Convección, y 2.- Conducción.

Conducción es la transmisión del calor de molécula a molécula, a través de la masa de un cuerpo, mientras que la Convección es la transmisión del calor por un vehículo intermedio que transporta el calor por movimientos del propio cuerpo.

Por ejemplo, si calentamos un líquido, a medida que éste se calienta se va elevando en el envase produciendo un movimiento que transporta el calor por convección. En cambio, si el contenido es sólido, la transferencia se realiza por la masa del cuerpo calentado, es decir, por conducción.

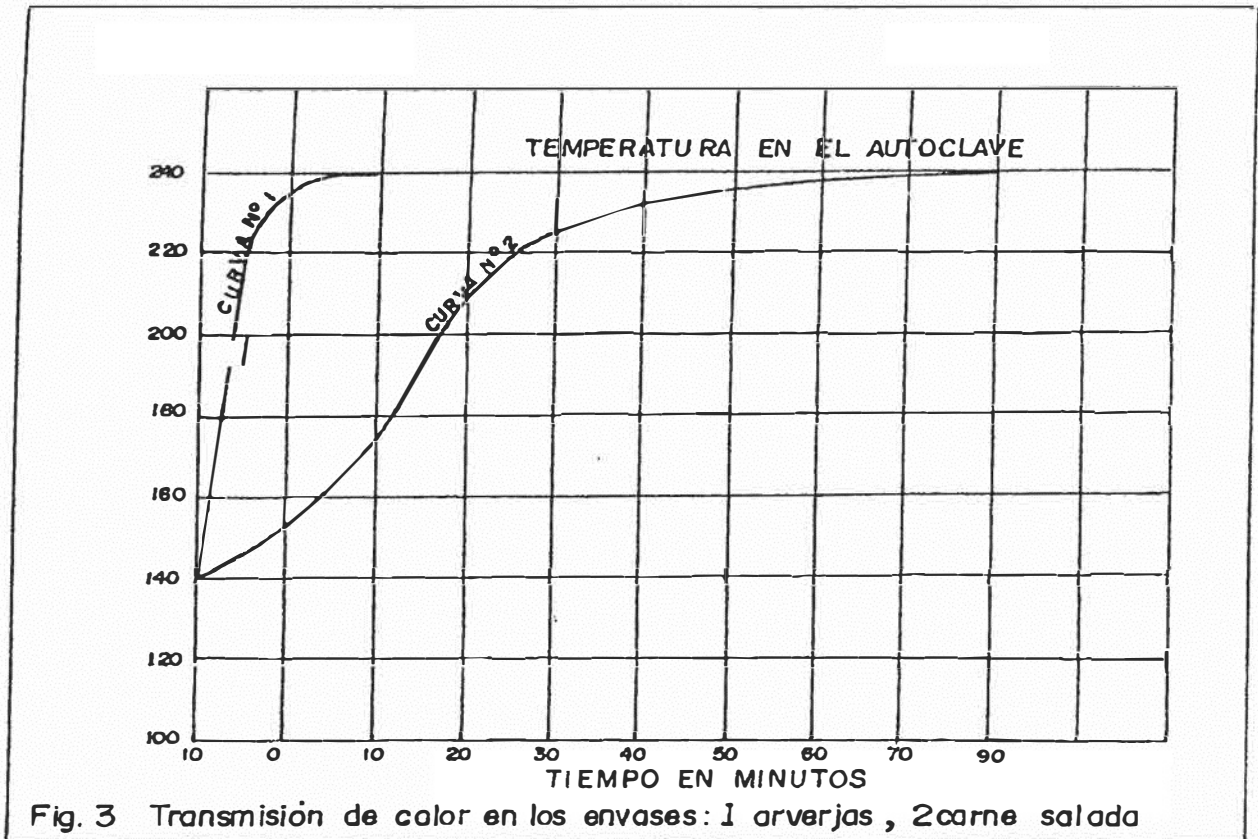
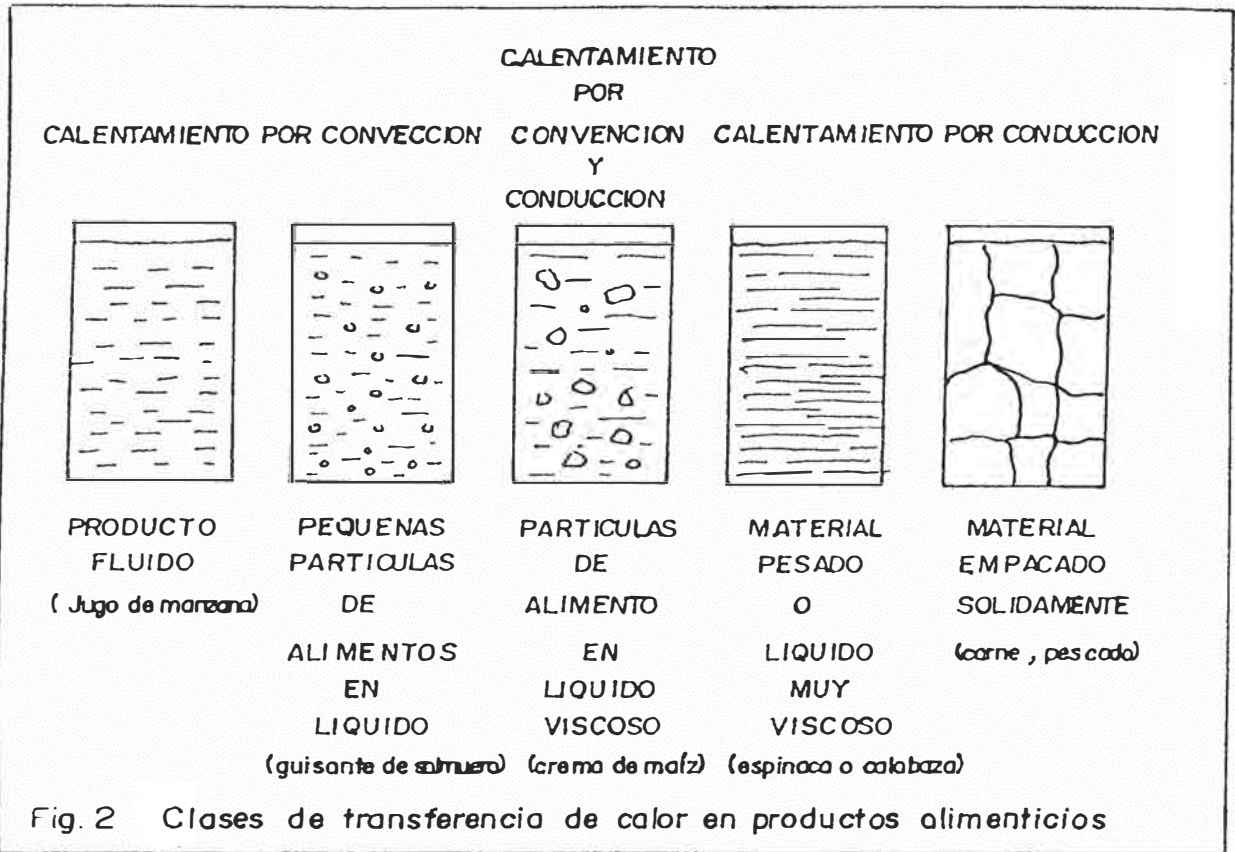
En la esterilización de la conserva, el transporte de calor se realiza por los dos medios, según las características del producto, así, en un tarro de arvejas, la transmisión del calor se hace principalmente por convección a través de los movimientos del líquido y algo por conducción de la masa sólida. En

cambio, en un envase de espinacas, el calor es transmitido en su mayor parte por conducción a través de la masa y una pequeña parte por convección en el jugo. En consecuencia, que la transmisión del calor del envase será más rápida en las arvejas que en las espinacas. (Fig. 2).

Las sustancias coloidales obran como una masa sólida interfiriendo las corrientes por convección, y su porcentaje es elevado, pudiendo llegar a inhibirlas.

Bigelow, en su estudio sobre la penetración del calor en la industria de la conserva, demuestra que en dicha penetración hasta el centro del envase, es necesario verificar la distribución del calor en la Autoclave durante el proceso, para lo cual se requiere que el aparato esté construido de manera que la temperatura sea uniforme en él.

En la figura (3) se expone una gráfica de Bigelow sobre este estudio, en la cual la curva número 1 corresponde a un tarro de arvejas, en el que se observa una rápida subida de la temperatura en su centro. Cuando la autoclave había alcanzado la temperatura deseada (240°F), ya en el centro del envase se comprobaban 238°F, para luego en 6 minutos equilibrarse las dos temperaturas.



En cambio, en la curva número 2, correspondiente a un tarro de 24 onzas de *Corned beef* (carne salada), el equilibrio de temperaturas se logra mucho más tarde, pues la naturaleza del contenido hace que el calor se transmita por conducción.

La comprobación de la temperatura máxima alcanzada en el centro del envase, y su marcha durante la esterilización, constituyen buenos datos de orientación del proceso.

En efecto, la esterilización debe asegurar una conservación indefinida y prolongada, y a la vez mantener las cualidades indispensables para hacer agradable la **presentación** del producto: aspecto, sabor, color, textura, etc., afectando al mínimo el valor alimenticio. Es decir, que el producto sea sano, agradable y de buen valor bromatológico.

Es indiscutible que el factor Sanidad en el alimento debe ser preponderante, por lo que los demás estarán supeditados a éste en el grado necesario, debiendo el producto recibir la dosis de calor necesario, la que estará en función de la temperatura y del tiempo indispensable.

La temperatura y tiempo necesarios, para alcanzar la temperatura de esterilización en toda la masa, están influidos por varios factores que son:

- 1.- Forma y tamaño del recipiente.
- 2.- Consistencia del producto.

- 3.- Material del recipiente.
- 4.- Composición de los jarabes y salmueras.
- 5.- Porcentaje de coloides presente.
- 6.- Acidez y pH del producto.
- 7.- Temperatura inicial del producto.
- 8.- Sistema de temperatura del esterilizador.
- 9.- Sistema de enfriado.

1.3.2 ESTERILIZADORES.

El sistema o el tipo de esterilizador estará dado por la posibilidad de usar unas u otras temperaturas de esterilización, o por la necesidad de alcanzar temperaturas mayores de 100°C.

Se pueden dividir los esterilizadores en:

- Esterilizadores abiertos, a baño de agua hirviendo.
- Esterilizadores abiertos, a baño de salmuera.
- Esterilizadores abiertos a vapor.
- Esterilizadores cerrados, a presión, o autoclaves.

1.3.2.1 Esterilizadores Abiertos.

Son recipientes de madera o de metal en los cuales tenemos agua hirviendo, que se calienta por medio de tubos de vapor.

Se debe tener en cuenta la cantidad de unidades de vapor necesarias para

calentar determinado volumen de agua y producto, el que se puede calcular en caballos de vapor, en calorías, en libras, o en BTU.

Se recomienda que por cada 0.5°C , aproximadamente se aumente el tiempo de esterilización en dos minutos.

Dentro de los sistemas de esterilización abiertos, tenemos el tipo discontinuo, que está en desuso y solo puede aplicarse para pequeñas instalaciones, y el continuo. En este último sistema encontramos el primero de su tipo, el esterilizador Dixon, que actualmente ya no se utiliza por las siguientes objeciones: poco eficaz, gran gasto de vapor, dificultad en ajustar el tiempo de esterilización, mucho espacio y operación costosa, complicada.

En estos esterilizadores se puede conseguir una temperatura mayor de 100°C sustituyendo el agua por una salmuera de cloruro de calcio, con el objeto de elevar el punto de ebullición hasta unos 115°C , esto sin embargo es objetable ya que las latas están sujetas interiormente a una gran presión, que puede llegar a romper las latas, y además obliga al lavado ulterior de éstas, para evitar la corrosión del metal.

En muchos casos estos esterilizadores están completamente cerrados, pero se entiende que trabajan a presión atmosférica, es decir, que la temperatura del proceso se desarrolla alrededor de 100°C . Es el caso de los modernos esterilizadores con agitación.

Se ha comprobado que los esterilizadores-rotativos o con agitación son

muchos más eficaces que los fijos, La mayoría de los esterilizadores abiertos que se utilizan en la actualidad son del tipo rotativo y los envases giran alrededor de once veces por minuto. Esta velocidad es apropiada para productos tales como frutas y hortalizas en trozos grandes, los cuales, al moverse por la rotación, producen corrientes en el líquido.

Entre las ventajas de este tipo de esterilizador se tiene:

- Mayor rapidez en trabajo, con la consiguiente economía de combustible.
- Menor alteración del producto, como consecuencia de la menor duración de la esterilización.
- Posibilidad de esterilización más eficiente.
- Menor alteración de las vitaminas y mayor rapidez de la operación.

1.3.2.2 Autoclaves

Son recipientes cerrados en los cuales la esterilización se cumple a temperaturas y a presiones elevadas.

Están construidas con material fuerte, capaz de resistir grandes presiones y se cierran herméticamente por medio de juntas. Deben estar provistas de válvulas de seguridad, manómetros y una válvula de admisión de vapor y una de descarga.

Las Autoclaves pueden ser:

1.- Verticales, y 2.- Horizontales; y en su interior llevan cestos de hierro en los cuales se colocan los envases que hay que esterilizar.

En los autoclaves verticales, en las cuales la puerta de carga y descarga está

arriba, los cestos son manejados por medio de grúas o winches (Fig. 4).

En las horizontales en cambio la puerta está en la parte anterior y el cesto se sustituye por una vagoneta de hierro perforado, en la cual van los envases, dicha vagoneta se transporta encima de rieles que entran a la autoclave y que pueden llevar a los envases a los distintos sectores de la fábrica para ser llenados o vaciados (Fig. 5).

Las autoclaves, en cuanto al método de conseguir la esterilización, se pueden clasificar en:

- 1.- A fuego directo con poco líquido, el cual, transformándose en vapor, esteriliza los envases.
- 2.- A fuego directo, lleno de agua, la que hirviendo bajo presión en recipiente cerrado, puede dar temperaturas de 110°C y más.
- 3.- Calentados a vapor directo.
- 4.- Calentados a vapor directo que atraviesa una ligera capa de agua borbotando.
- 5.- Con vapor directo que calienta toda la autoclave llena de agua.
- 6.- Autoclave con canastilla en movimiento.

Con respecto al manejo de las Autoclaves es necesario regular bien la válvula de seguridad, a fin de no tener pérdidas de vapor que puedan ser importantes, consiguiendo así ahorro de calorías.

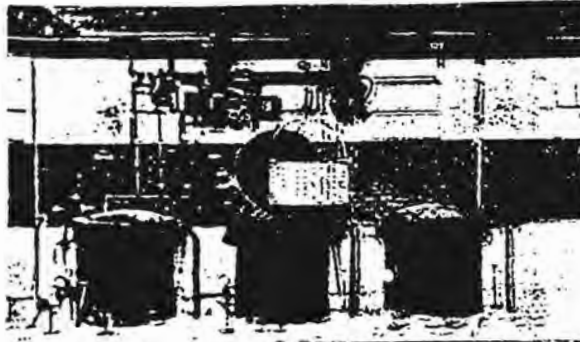


FIG. 4 AUTOCLAVES VERTICALES

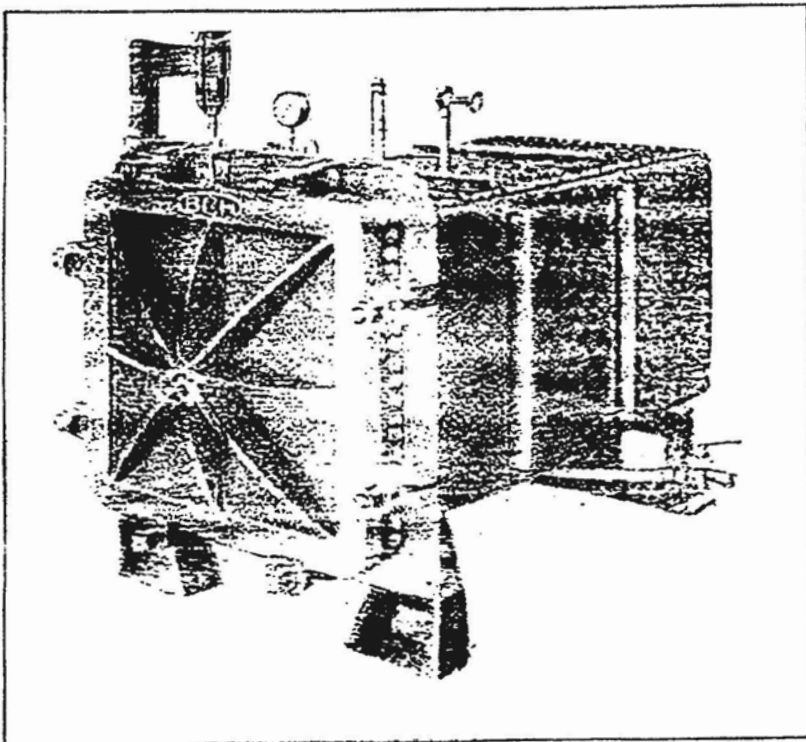
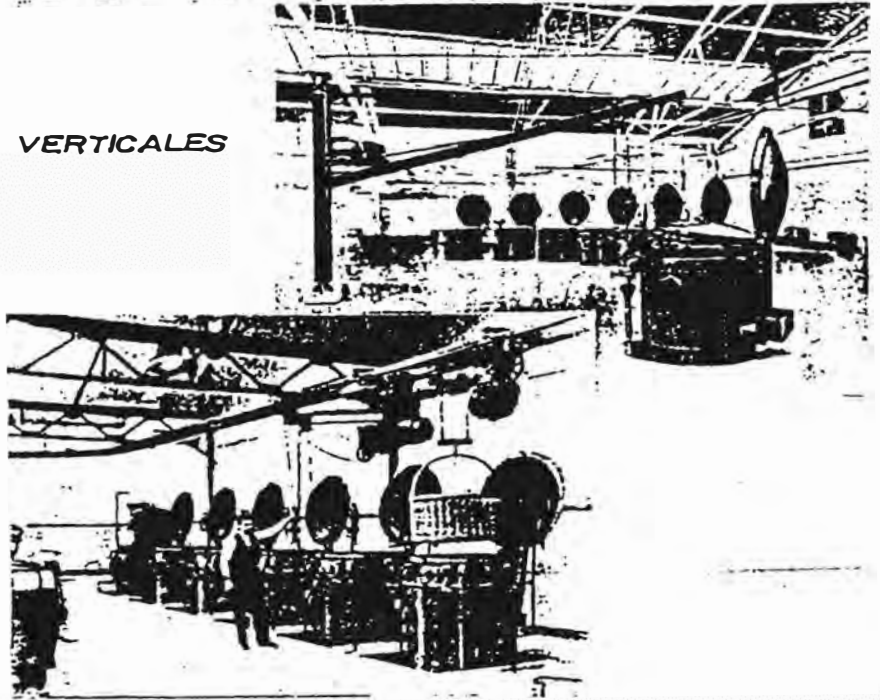


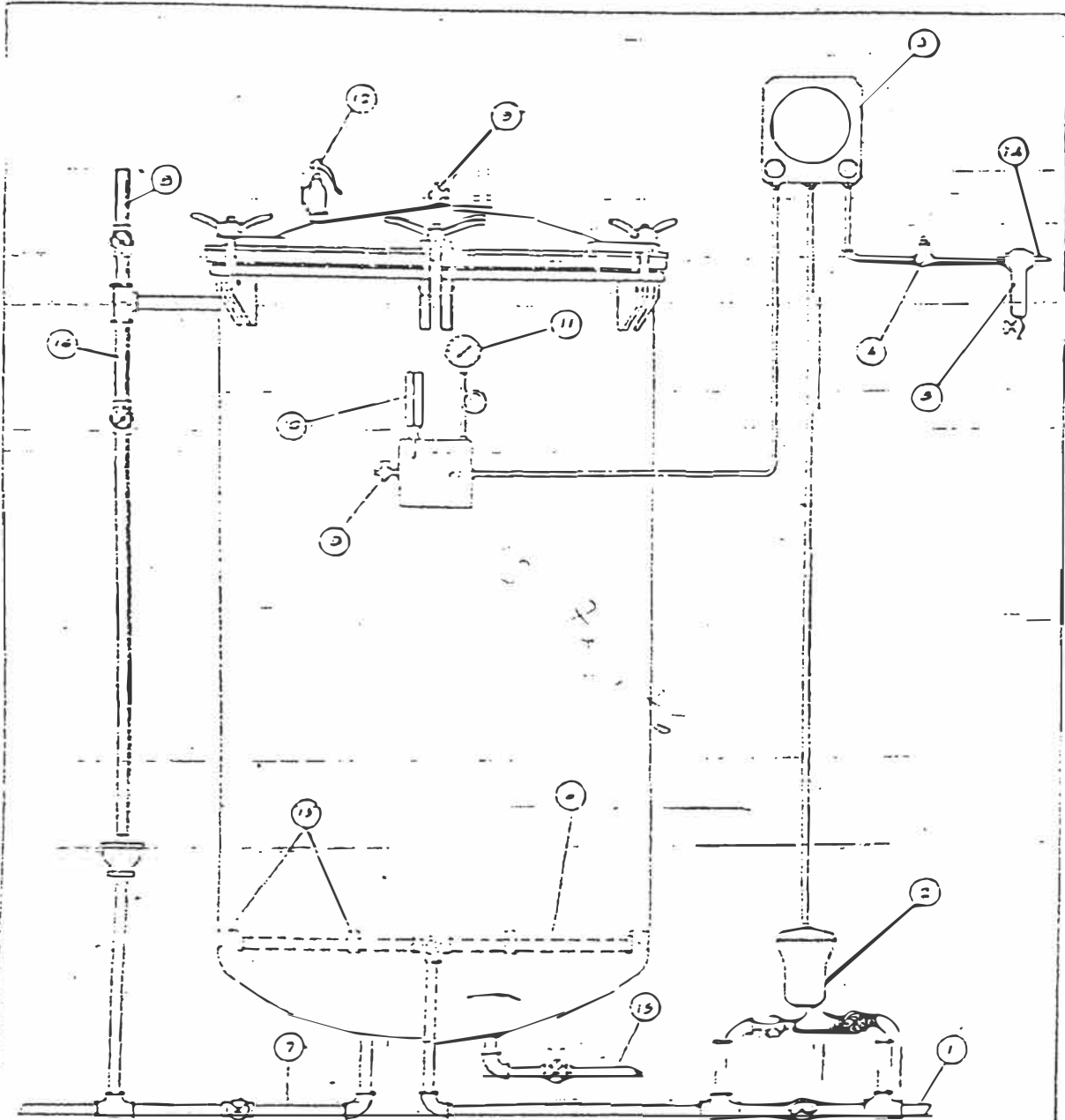
FIG. 5 AUTOCLAVE HORIZONTAL

También hay que diferenciar el trabajo según el tipo de autoclave que se ha considerado líneas arriba, siendo el accionamiento de la siguiente manera (Tipos 1,2,3 y 4):

- 1.- Llenar la autoclave con los envases y cerrar perfectamente.
- 2.- Abrir la válvula de descarga del aparato.
- 3.- Iniciar el calentamiento, regulándolo hasta conseguir la temperatura necesaria.
- 4.- Cerrar la válvula de descarga cuando sale un chorro franco de vapor, lo que indica que no hay más aire dentro de la autoclave.
- 5.- Detener el calentamiento cuando se ha llegado al tiempo necesario y esperar que el manómetro lleve a cero. Luego abrir la válvula de descarga y por último abrir el aparato.

Para los tipos 2 y 5, se operará en la siguiente forma:

- 1.-Llenar el aparato con los envases.
 - 2.- Terminar de llenar con agua y cerrar el aparato.
 - 3.- Abrir la válvula de descarga, dar vapor y cerrar la válvula cuando ha salido todo el aire.
 - 4.- Detener el calentamiento al término de la operación.
 - 5.- Abrir la válvula de descarga hasta que el manómetro llegue a cero.
 - 6.- Abrir la autoclave y descargarla.
- Los métodos 2,3,4 y 5 son aplicables con la Autoclave Vertical de la Fig. 6 de procesado Simple de Vapor directo.



PROCESADO SIMPLE

- ⊙ Vapor ⊙ Válvula reguladora ⊙ Controlador ⊙ Válvula reductora, aire
- ⊙ Filtro de aire ⊙ Distribuidor de vapor ⊙ Drenaje ⊙ Respiradero ⊙ Purgas ⊙ Termómetro indicador
- ⊙ Medidor de presión ⊙ Válvula de seguridad ⊙ Soportes de la canastilla ⊙ Aire para el controlador
- ⊙ Agua ⊙ Derrame ⊙ Válvulas manuales

Corresia de Continental Can Co.

La regulación de la temperatura se hace generalmente por manómetros que indican la presión relativa en Kg/cm², en la cual la presión es inferior en una atmósfera a la presión absoluta.

Un detalle importante en el manejo de las autoclaves es dejar siempre un pequeño escape de vapor, a fin de conseguir así una circulación normal y regular de éste dentro de la autoclave, evitando tener dentro del aparato zonas de menor temperaturas por condensación del vapor, lo que redonda en una mala esterilización.

AUTOCLAVES PARA ENVASES DE VIDRIO.- Pueden ser Verticales u Horizontales.

La autoclave vertical se llena con agua; tiene una válvula de escape para evitar que pueda romperse por la presión excesiva alcanzada por la expansión del agua y la condensación del vapor, que calienta a la misma. Existe asimismo una corriente de aire que se hace entrar en la autoclave con el objeto de mezclar el agua y mantener las tapas bajo presión, a fin que se mantengan en su lugar. El aire se mezcla con el vapor fuera del autoclave, para enviarlo calentado y evitar al mismo tiempo el ruido; el agua se mantiene a un nivel por encima de los frascos, para evitar diferencias de temperaturas.

Cuando se termina la operación, no se puede enfriar con agua fría, si quiere evitarse el riesgo de romper los frascos. Por lo tanto se debe ir calentando el agua, que entra por medio de vapor y bajar gradualmente su temperatura hasta

lograr que se enfríe por completo, inyectando aire al mismo tiempo para mantener la presión requerida, a fin de que no salten las tapas. (Apéndice A).

En las autoclaves horizontales, la circulación del agua dentro de ellas es importantísima, y se efectúa por medio de una bomba que absorbe el agua por el fondo y la impulsa hacia la parte superior del aparato, volcándola a través de un caño perforado, que está en lo alto del autoclave.

El termómetro registrador de temperatura, que regula la válvula de vapor, está colocado en la zona de descarga del agua de recirculación.

El agua para el enfriado se inyecta en la línea de recirculación, en el caño de aspiración de la bomba.

CAPITULO 2

ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE AUTOCLAVES

2.1 ESPECIFICACIONES Y NORMAS

Para el diseño y fabricación de autoclaves se tomarán en cuenta las especificaciones y normas para el diseño y fabricación de Recipientes sometidos a Presión. Estas especificaciones y normas se encuentran reguladas en:

- RECIPIENTES A PRESION, CALDERAS.

ASME, BOILER AND PRESURE VESSEL CODE, 1986

TOMO II : Especificaciones de materiales.

TOMO VII: Recipientes sujetos a presión. División 1, División 2. Reglas alternativas.

TOMO IX: Calificación de la soldadura fuerte y la de bajo punto de fusión ó autógena.

- TANQUES.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE A.P.I.

NORMA A.P.I. 650/1979-Tanques de acero soldado para almacenaje de petróleo.

Tapas bombeadas y rebordeadas.

Recipientes a Presión-Detalles.

ACCESORIOS, BRIDAS Y VALVULAS

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE – ANSI

ANSI B16. 11-1980 Accesorios de Acero Forjado Soldados y roscados.

- MATERIALES

THE AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS ASTM.

1983 Libro Anual de Normas ASTM, sección 1, Productos de Hierro y Acero.

Vol. 01.1/Tubos y Accesorios de Acero, 127 normas.

Vol. 01.04/Acero Estructural, Acero para refuerzo de concreto, placa y partes forjadas para recipientes a presión, Rieles de acero, ruedas y llantas, 129 normas.

2.2 FUNDAMENTO TEORICO

Las especificaciones señaladas deben cubrir requerimientos de Materiales, Diseño, Fabricación y Pruebas para Autoclaves.

Estas especificaciones que serán detalladas en el diseño propiamente dicho, en conjunto con los planos, cubren los requerimientos para el Diseño y Fabricación de Autoclaves.

Las Autoclaves que son parte de los recipientes sujetos a presión deben diseñarse, fabricarse, inspeccionarse y marcarse de acuerdo con la última edición de las Normas de Calderas y Recipientes sujetos Presión del ASME, sección VIII, división 1, y sus agregados subsecuentes.

2.2.1 MATERIALES

2.2.1.1 Placas ó Planchas

Las placas o planchas adquiridas, deben de estar de acuerdo a las especificaciones que indican las normas. Los materiales producidos bajo especificaciones distintas, podrán ser empleados si se certifica que reúnen todos los requisitos y su uso es aprobado por el comprador o cliente.

Los Materiales más frecuentes para el uso en Autoclaves se tomarán de la Normas ASME secciones II y VIII.

Todas las planchas a utilizar, serán solamente las procesadas por Horno eléctrico de Hogar abierto o de oxígeno básico, por que así lo estipula la norma.

2.2.1.2 Electrodo de Soldadura

Los electrodos para soldadura manual al arco deberán estar de acuerdo a las series E 60 y E 70 de clasificación (adecuadas para la características de corriente eléctrica, posición de soldado y otras condiciones que se pretenden emplear) de la última edición de la ASTM A 933: Especificaciones para

electrodos de Soldadura al Arco de Acero Dulce.

2.2.1.3 Perfiles Estructurales

Los perfiles estructurales deberán provenir de los procesos de Horno eléctrico de hogar abierto o de oxígeno básico y cumplirá con las siguientes especificaciones:

Normas ASTM A36 Acero Estructural.

Normas ISO R630 Fe 42, Fe 44 Acero Estructural Grado B,C,D.

2.2.1.4 Tuberías y Uniones

Deberán estar de acuerdo con la Normas API 5L, ASTM A53, ASTM A524 ó ASTM A106-Grados A y B, las uniones para conexiones roscadas, pueden ser suministradas sin rebajes; cuando así se suministren las uniones en todos los aspectos deberán cumplir con las normas API-ASME.

2.2.1.5 Pernos

Los pernos deberán cumplir con la norma ASTM A307.

2.2.2 DISEÑO

2.2.2.1 Diseño de Uniones

2.2.2.1.1 Definiciones

Las siguientes definiciones deberán aplicarse a los diseños de uniones para Autoclaves.

- a.- Uniones a tope doblemente soldadas: Una unión entre dos partes terminales que se encuentran aproximadamente en el mismo plano y son soldados por ambos lados.
- b.- Uniones a tope de soldadura simple y respaldo: Una unión entre dos partes terminales que se encuentran aproximadamente en el mismo plano soldados por un lado solamente con el uso de una platina, barra u otro material adecuado de respaldo.
- c.- Uniones traslapadas doblemente soldadas: Una unión entre dos piezas superpuestas en la cual los bordes superpuestos de ambos miembros son soldados de filete.
- d.- Unión traslapada de soldadura simple: Una unión entre dos elementos a superpuestos, en la cual el borde superpuesto de uno de los elementos es soldado con una soldadura de filete.
- e.- Soldadura a tope: Una soldadura localizada en una ranura entre los extremos de dos elementos. Las ranuras pueden ser cuadradas, en V simple o doble ó U simple o doble ó de simple o doble bisel.
- f.- Soldadura de Filete: Una soldadura de una sección recta aproximadamente triangular, uniendo dos superficies que se encuentran aproximadamente en ángulo recto entre sí, como en una unión de traslape, unión tee ó junta de esquina.
- g.- Soldadura de filete completo: Una soldadura de filete cuyo tamaño es

igual al espesor de la plancha más delgada que se está uniendo.

- h.- Soldadura por puntos o provisional: Una soldadura efectuada para sujetar las partes de un elemento soldado hasta que se realice la soldadura final.

2.2.2.1.2 Tamaño de Soldadura

Los tamaños de soldadura de acuerdo a la norma deberán basarse en la siguientes dimensiones:

- a.- Soldadura de Ranura: La penetración de la unión (profundidad del rebaje más la raíz de la penetración cuando se especifica).
- b.- Soldadura de Filete: Para soldadura de filete de catetos iguales, el tamaño del cateto del triángulo rectángulo isosceles más grande que pueda inscribirse en la sección recta del cordón. Para soldaduras de filete de lados desiguales el cateto mayor del mayor triángulo rectángulo que pueda inscribirse dentro de la sección recta del cordón.

2.2.2.1.3 Restricciones de Uniones

Las normas establece las siguientes restricciones sobre tipos y tamaños de uniones soldadas:

- a.- Para soldaduras provisionales no pueden considerarse ningún valor de resistencia en la estructura terminada
- b.- El mínimo tamaño de la soldadura de filete deberá ser para planchas de 3/16” de espesor; soldadura de filete completa para planchas mayores que 3/16” de espesor; no menores que 2/3 del espesor de la

plancha más delgada que interviene en la unión con un mínimo de 3/16”.

- c.- En uniones de soldadura a traslape, como soldadura para costura, se deberá traslapar no menos de 5 veces el espesor nominal de la plancha más delgada que se está uniendo; pero en el caso de uniones traslapadas doblemente soldadas, el traslape no excederá de 2”, y en caso de uniones traslapadas simplemente soldadas el traslape necesario no excederá de 1”.

2.2.2.1.4 Símbolos de Soldadura

Los símbolos de soldadura empleados en los planos serán los indicados por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS).

2.2.2.2 Diseño del Casco (Cuerpo) y Cabezas (Tapas)

Las Autoclaves están sujetas principalmente a presiones internas que produce el vapor directo, la mezcla vapor-aire y el agua, causando esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes del recipiente como son el cuerpo y sus tapas. El tipo e intensidad de los esfuerzos es una función de la naturaleza de las cargas, de la geometría del recipiente y de su construcción.

Entre otras cargas que actúan sobre un recipiente a presión, tenemos: El peso del recipiente y su contenido; Reacciones estáticas del equipo auxiliar, tuberías, piezas internas, apoyos; Reacciones cíclicas y dinámicas debidas a la presión o a las variaciones térmicas; Reacciones por impacto debido a choque

hidráulico y Gradientes de temperatura y expansión térmica diferencial.

En la Autoclave, la presión que se utiliza para su diseño deberá ser una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una Presión de Diseño de 30 lb/pulg.² ó 10% más que la presión de trabajo, la que sea mayor.

La ASME da fórmulas para hallar el espesor del cuerpo y de tapas, considerando los datos del Diámetro interno ó externo, el valor del esfuerzo del material, eficiencia de la Junta o unión soldada y un margen por corrosión.

Según la Norma UG-25 b, establece que los recipientes sujetos a corrosión (Autoclaves), deben tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño.

Las normas no establecen la magnitud del margen por corrosión excepto para recipientes con espesor mínimo requerido menor de 0.25 pulgadas que han de utilizarse para servicio de vapor de agua aire comprimido o sólo agua, para los cuales indica un margen por corrosión no menor de la sexta parte del espesor de placa o plancha calculado. No es necesario que la suma del espesor calculado mas el margen por corrosión exceda de ¼" (Norma UCS-25).

2.2.2.2.1 Disposiciones de los Elementos

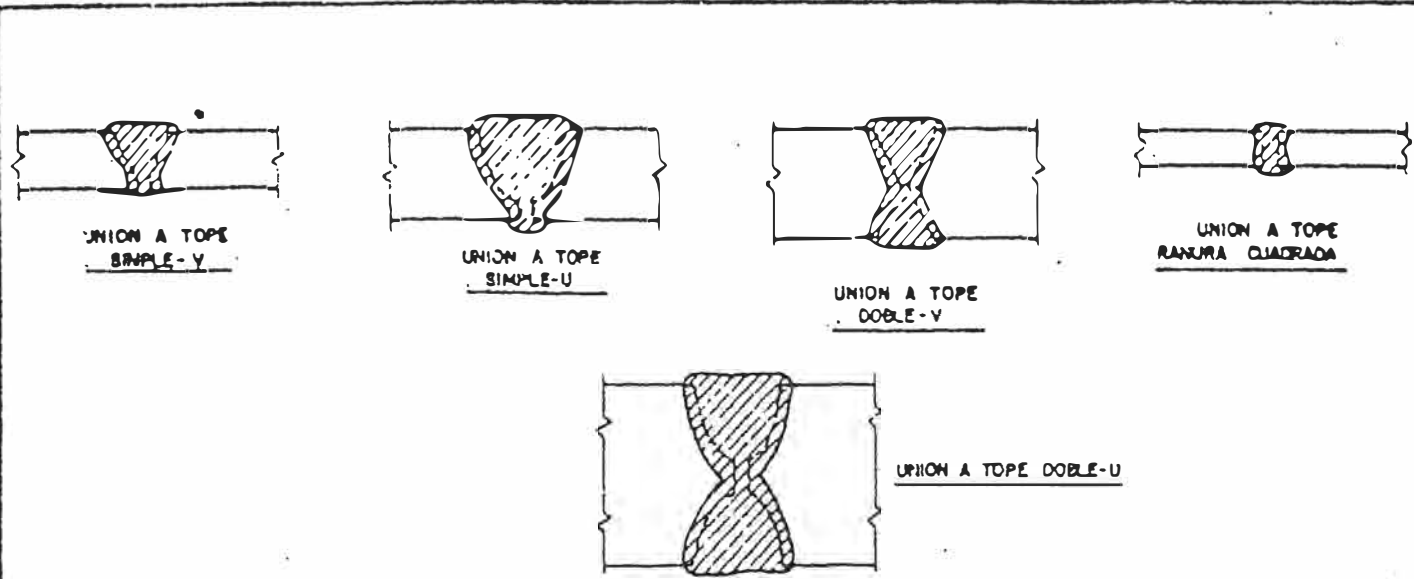
Referido a que las planchas del casco o cuerpo cilíndrico deben tener sus anillos exactamente verticales. Las planchas del cuerpo cilíndrico terminadas en uniones horizontales deben tener una línea de centros común. Las juntas verticales en anillos adyacentes no estarán alineadas. Se recomienda una distancia mínima de 5 veces el espesor del anillo una costura de otra.

2.2.2.2.2 Uniones Verticales

Las juntas verticales deben ser uniones a tope con penetración y fusión completa como la conseguida por soldadura doble u otros medios, los cuales deberán obtener la misma calidad de metal depositado de aporte sobre el interior y exterior de las superficies soldadas hasta cumplir con los requisitos de FABRICACION en la parte de Detalles de Soldadura (ver 2.2.3.5.)(fig7-a).

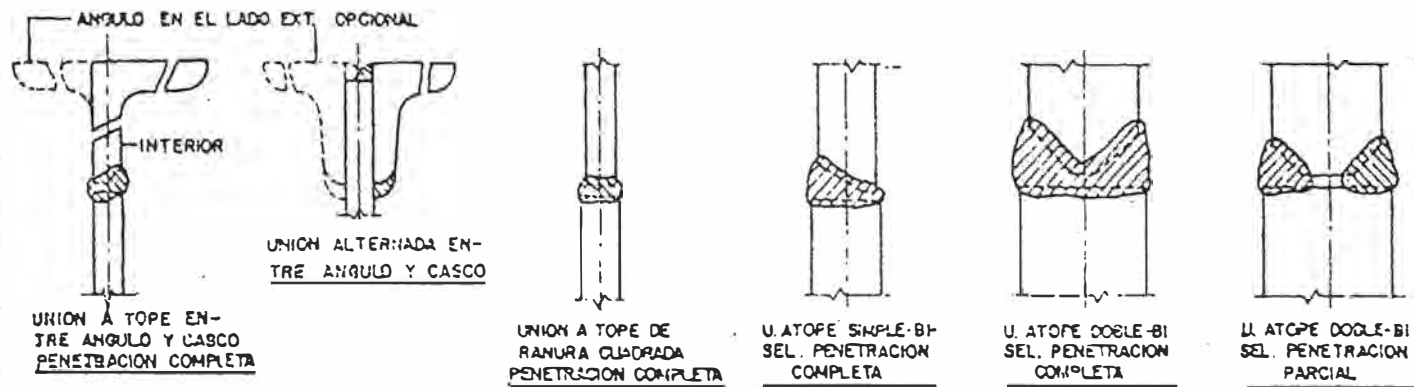
2.2.2.2.3 Uniones Horizontales

Las juntas horizontales deben ser uniones a tope doblemente soldadas y que tengan fusión completa con el metal base a la profundidad requerida de soldado.



NOTA: ver parrafo para especificaciones requeridas en las uniones verticales del casco

Fig. 7a UNIONES VERTICALES TIPICAS DEL CASCO



NOTA: ver parrafo para especificaciones requeridas en uniones horizontales del casco

Fig. 7b UNIONES HORIZONTALES TIPICAS DEL CASCO

Las uniones horizontales deberán tener penetración y fusión completas para una distancia de 3" a cada lado de toda unión vertical de empalme con una horizontal (fig. 7-b).

2.2.2.2.4 Conexiones y Accesorios

Los más utilizados son del tipo roscado y soldados; para diámetros de tuberías menores o iguales a 3".

Las conexiones roscadas para tuberías deberán ser uniones con rosca interior (hembras). Las roscas estarán de acuerdo a los requisitos para roscas cónica para tubos, incluidos en ANSI B2-1-1968 Normas Americanas para Roscas de tuberías (fig. 8).

2.2.3 FABRICACION

2.2.3.1 Mano de Obra

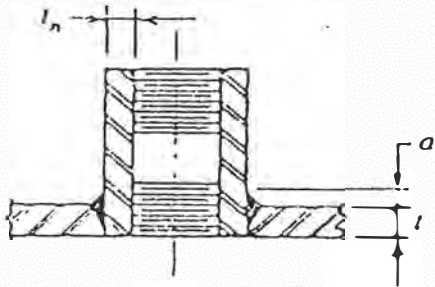
Todo trabajo de fabricación de Autoclaves, deberán realizarse de acuerdo a las especificaciones dadas por la ASME, con la alternativa permisible que se dá en la requisición o proforma.

La mano de obra y al acabado deberán ser de primera clase en todos los aspectos y sujeta a una inspección muy estrecha por parte del Inspector del fabricante ya sea que el comprador renuncie ó no a cualquier parte de la inspección.

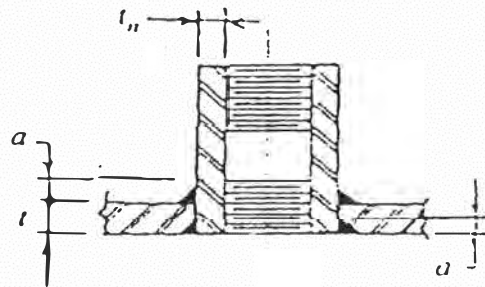
ACCESORIOS ROSCADOS Y SOLDADOS

LAS FIGURAS SIGUIENTES SON LOS TIPOS DE CONEXIONES MAS COMUNMENTE USADOS.

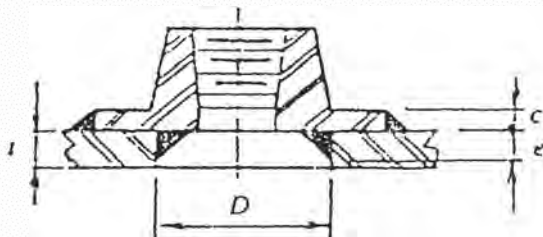
E



F

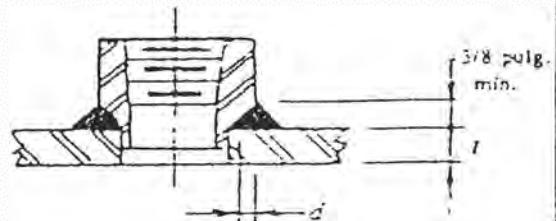


G



$D_{\text{máx}} = \text{diámetro exterior de tubo} + 3/4 \text{ pulg.}$

H



Dimensión máxima del tubo: 3 pulg.

NOTAS

CONEXIONES PARA DIAMETRO DE TUBERIA QUE NO PASE DE 3 PULG.

En algunos casos no es necesario que las soldaduras tengan un tamaño determinado, o bien, las conexiones y soportes emperrados pueden unirse a los recipientes mediante soldadura de filete colocada desde el exterior sólo con ciertas limitaciones (Norma UW-16 (1) (2) y (3)) como:

1. Espesor máximo del recipiente: 3/8 pulg.
2. El tamaño máximo del registro está restringido por el diámetro exterior de la tubería conectada más 3/4 pulg.
3. La garganta de la soldadura deberá ser mayor que el espesor mínimo del cuello de la boquilla indicado por la Norma UG-45(a) o el necesario para cumplir los requisitos de UW18 por las cargas aplicables de UG22, etc.

Los ahorros en soldadura serán más que compensados por el costo adicional de ingeniería.

Fig. 8

Para todo material que se requiera rectificar su forma, el trabajo deberá efectuarse por presión u otro método no dañino antes de cualquier trazado o conformado. No es permitido el calentamiento ó martilleo a menos que el material sea calentado hasta una temperatura de forja.

2.2.3.2 Acabado del borde de las placas o planchas

Los bordes de las planchas pueden ser cizallados, maquinados, cincelados ó cortados con oxígeno.

El cizallado estará limitado a planchas a tope y hasta 3/8" de espesor para uniones soldadas a tope y hasta 5/8" de espesor para uniones soldadas a traslape. Cuando los bordes de las planchas son cortados con oxígeno, la superficie resultante deberá ser suave, uniforme y deberá estar libre de escamas y escorias, acumuladas antes de proceder a soldar. Después se limpiará con brochas de acero los bordes cortados o cizallados; la fina película de óxido que se encuentra adherida a los bordes no es necesario que se la elimine antes de aplicar la soldadura.

2.2.3.3 Conformado de las planchas.

Las planchas del cuerpo cilíndrico serán rolados adecuadamente a su curvatura.

No existen normas que restingan los rolados, en construcción de recipientes de hasta 40 pies de diámetro el espesor de plancha que mejor se acomoda están las planchas de 3/16" a 3/8" de espesor. (Normas API-ASME).

2.2.3.4 Inspección de fabrica

- a. El inspector del comprador o cliente normalmente debe tener ingreso libre a todas las secciones de la planta de fabricación según el compromiso o pacto de contrato. El fabricante deberá proporcionarle las facilidades referente al material que está siendo suministrado.

El fabricante también proporcionará cualquier muestra o probeta de los materiales utilizados en el proceso para propósito de calificación de soldadores.

Las pruebas normales de fabricación de las planchas se consideran suficientes para probar la calidad del acero suministrado.

- b.- Las inspecciones de fábrica y taller no relevan al fabricante de su responsabilidad para reemplazar cualquier material defectuoso y reparar cualquier defecto de fabricación que pueda ser descubieros en el campo.
- c.- Cualquier material o mano de obra, que no cumplan con los requisitos de estas especificaciones, serán rechazados por el inspector y el material involucrado no será incluido en el contrato.

Los materiales que presenten daños o defectos posteriores a su aceptación en los trabajos de fabricación ó durante el montaje y prueba de los recipientes, serán rechazados.

2.2.3.5 Detalles de Soldadura.

- a. Las autoclaves y sus accesorios deben ser soldados por los procesos de

arco metálico protegido, arco metálico con protección gaseosa, arco de núcleo fundente ó de arco sumergido, usando equipos adecuados. La soldadura puede ejecutarse manualmente, automáticamente ó semiautomáticamente. El primero de los nombrados es el que más se utiliza en la construcción de la autoclaves: Proceso de Arco metálico protegido manual. Según las Normas ASME párrafo UW-27, trata sobre los procesos de soldaduras aplicarse en la construcción de Recipientes.

La soldadura deberá ejecutarse de tal manera que se asegure fusión completa con el metal base dentro de los límites requeridos.

- b. La soldadura no deberá ejecutarse cuando las superficies de las partes a ser soldadas estén húmedas (lluvia, hielo, nieve); ni durante los periodos de grandes vientos a menos que el soldador y el trabajo estén debidamente protegidos.
- c. Cada capa de soldadura ó las múltiples capas deben ser limpiadas de escoria y otros depósitos antes de aplicar la próxima capa.
- d. Las costuras longitudinales de los cascos o cuerpos cilíndricos, todas las costuras de los cascos y de las cabezas o tapas formadas por partes deberán situarse de manera que libren las aberturas y sus parches de refuerzo.

Las costuras circunferenciales de los cascos deberán situarse de manera que libren las aberturas, los parches de refuerzo y algunos soportes internos. Cuando sea inevitable cubrir una costura longitudinal por un parche de refuerzo, se esmerilará la costura al ras y el parche mencionado

se examinará en el sitio antes de soldarlo.

El tamaño mínimo de soldadura de filete que se utilice como soldadura de resistencia para elementos internos será de $\frac{1}{4}$ ".

2.2.3.6 Inspección, Pruebas y Reparaciones

2.2.3.6.1 Inspección de Soldadura

- a. Soldadura a tope: Donde la fusión y penetración completa sean especificadas para uniones soldadas de planchas del casco ó cuerpo cilíndrico, se efectuará inspección de calidad de soldadura por el método radiográfico.

Donde la inspección visual por parte del inspector del comprador indique soldaduras insatisfactorias entre las planchas, la aceptación ó rechazo se basará en la inspección de radiografías ó segmentos representativos del área en cuestión.

- b. Soldadura de Filete: La inspección de las soldaduras de filete se llevará a cabo por examen visual. Donde la inspección visual del inspector del comprador, indique soldaduras insatisfactorias, la aceptación o rechazo se basará en el seccionamiento de tales áreas mediante cincelado con un cincel de punta redondeada.

2.2.3.6.2 Pruebas

Normalmente se realizan dos tipos de pruebas: La Hidrostática y la Neumática.

La primera deberá mantenerse por un tiempo adecuado para permitir una inspección completa, pero en ningún caso por menos de 30 minutos (Norma UG-99). Dicha presión deberá estar marcada en el recipiente. La presión de prueba hidrostática será una y media veces la máxima presión permitida de operación ó la presión de diseño cuando no se hacen los cálculos para determinar la presión máxima permisible de trabajo.

La prueba neumática se realiza a razón de 1.25 veces la presión máxima de operación permitida la cual también debe marcarse en el recipiente (Norma UG-100).

2.2.3.6.3 Reparaciones

Todos los defectos hallados en las soldaduras serán llevados a conocimiento del inspector del comprador y deberá obtenerse su aprobación antes de que sean reparados.

Las fugas de agujeros pequeños o porosidad en las uniones del recipiente pueden ser reparados mediante la aplicación de un cordón adicional de soldadura sobre el área defectuosa. También pueden ser reparados mediante cincelado ó fusión de uno ó ambos lados de la unión, como sea necesario, y volviendo a soldar; se requiere solamente el cortado suficiente de eliminación de la unión defectuosa necesaria para corregir los defectos.

Todas las soldaduras reparadas en uniones serán chequeados por repetición

de los procedimientos originales de prueba.

2.2.3.7 Aspectos diversos

- a. El recipiente Autoclave terminado será provisto de una placa de datos sujeta en forma segura al recipiente por soldadura.
- b. Si se somete el recipiente a tratamiento térmico posterior a la soldadura, no se permite aplicar más soldadura después del relevado de esfuerzos.
- c. La posición de todos los componentes del recipiente Autoclave: aberturas, costuras, componentes internos, etc.; deberán indicarse en los planos, detalles por la distancia de una línea de referencia común. La línea de referencia deberá marcarse permanentemente en el casco.
- d. El recipiente después de su prueba hidrostática final deberá secarse y limpiarse perfectamente interior y exteriormente para quitar la grasa, las escamas sueltas, la herrumbre y la mugre.
- e. Las aberturas roscadas para su traslado deberán llevar tapones.

CAPITULO 3

DISEÑO Y FABRICACION DE LAS AUTOCLAVES

3.1 PROCESO DE DISEÑO

Para realizar el diseño de las tres autoclaves se tuvo como referencia el esquema proporcionado por la empresa Olympus Trading Co. S.A., donde se muestra algunas dimensiones y capacidades requeridos por ellos. Ejemplo: Por capacidad de llenado: 1110 envases de conserva No.2 por autoclaveado, o cocimiento (fig. 9).

La presión de trabajo con vapor de agua es de 20 lbs/pulg.2 a temperatura máxima de 120°C. Actualmente, manteniendo la misma temperatura, utilizan una presión de trabajo de 30 lbs/pulg.2 generado por la mezcla de vapor de agua y aire comprimido o agua (ver apéndice A, indicando dicho proceso). El Manual de Recipientes a Presión de Eugene F. Megyesy, reúne fórmulas, datos técnicos y métodos de diseño de la Normas de ASME Code for Pressure

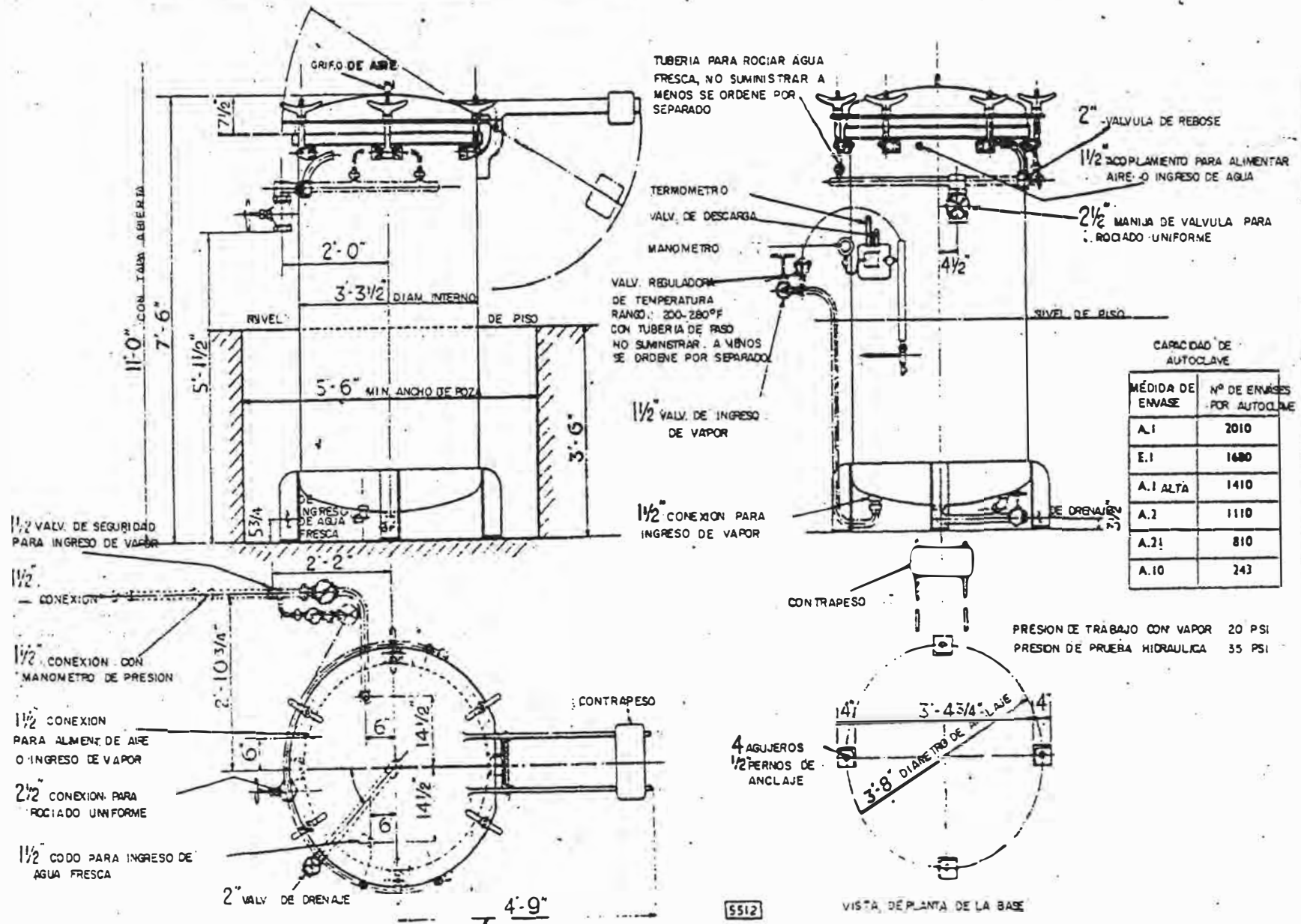


Fig. 9 DISPOSICION GENERAL DE AUTOCLAVES VERTICALES - DIMENSIONES

Vessels, sección VIII, División 1, para calcular el espesor de la placa ó plancha a utilizar en la formación del casco ó cuerpo cilíndrico y cabezas ó tapas superior e inferior para la fabricación de las Autoclaves, sujetas a presión interna.

3.1.1 CALCULO DEL ESPESOR DEL CASCO O CUERPO CILINDRICO

Según el manual de recipientes a presión, existen dos fórmulas para hallar el espesor de la plancha a utilizar en la confección del cuerpo cilíndrico, una en función de las dimensiones interiores y otra en función de las dimensiones exteriores.

Cabe señalar que el mayor esfuerzo se dá en la costura longitudinal y no en la circunferencial.

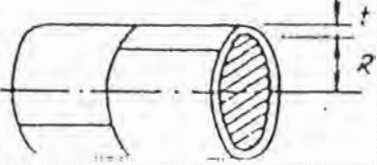
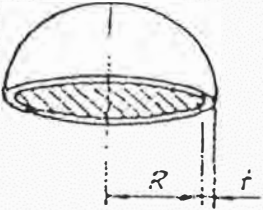
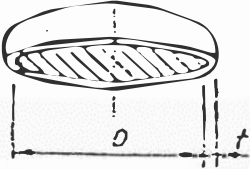
Utilizaremos la fórmula siguiente en función de las dimensiones interiores: (ver Tabla Nº 1).

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

TABLA N° 1
PRESION INTERNA

FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES INTERIORES

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
 S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg².
 E = Eficiencia de la junta.
 R = Radio interior, pulgadas
 D = Diámetro interior, pulgadas
 t = Espesor de pared, pulgadas
 C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

| | | |
|--|--|-----------------------------|
| <p>A</p>  | CASCO CILINDRICO (COSTURA LONGIT.)¹ | |
| | $t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$ | $P = \frac{SEt}{R + 0.6t}$ |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal. Ver página anterior. 2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o P exceda de 0.355 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice del Código, 1-2. | |
| <p>B</p>  | ESFERA Y CABEZA HEMISFERICO O | |
| | $t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{R + 0.2t}$ |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas sin brida recta, úsese la eficiencia de la junta de la cabeza al casco si es menor que la eficiencia de las costuras de la cabeza. 2. Cuando el espesor de pared exceda de 0.356 R, o P exceda de 0.665 SE, se aplicarán las fórmulas dadas en el Apéndice 1-3 de las normas. | |
| <p>C</p>  | CABEZA ELIPSOIDAL 2:1 | |
| | $t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$ | $P = \frac{2SEt}{D + 0.2t}$ |
| | <ol style="list-style-type: none"> 1. Para las cabezas elipsoidales cuya relación del eje mayor al eje menor sea diferente de 2:1, véase el Apéndice 1-4 (c) de las normas. | |

Donde:

P: Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg.2

S: Valor del esfuerzo del material, lb/pulg.2 (ver Tabla Nº 2).

E: Eficiencia de la junta (ver Tabla Nº 3).

R: Radio interior, pulgadas.

D: Diámetro interior, pulgadas.

t: Espesor de pared, pulgadas.

C.A. : Margen por corrosión, pulgadas.

Tenemos datos como datos:

$$P = 30 + \text{Presión de trabajo} = 30 + 30 = 60 \text{ lb/Pulg.2 (según 2.2.2.2.)}$$

$$S = 13,800 \text{ lbs/pulg.2 (Acero al carbono SA-285°C)}$$

$$E = 0.85 \text{ (exámen radiográfico parcial)}$$

$$R = 19.75 \text{ pulg.}$$

$$D = 3' 3.5'' = 39.50''$$

$$\text{C.A.} = 0.125'' \text{ (opcional)}$$

Reemplazando datos:

$$t = \frac{60 \times 19.75}{13,800 \times 0.85 - 0.6 \times 60}$$

TABLA N°2

| PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION* | | | | |
|--|---------------------|----------------|-------|---|
| Forma | Composición nominal | Especificación | | APLICACION |
| | | Número | Grado | |
| Placa | C | SA-283 | C | Calidad estructural. Para recipientes a presión puede usarse con limitaciones; ver nota 1 |
| | C | SA-285 | C | Calderas para servicio estacionario y otros recipientes a presión |
| | C - Si | SA-515 | 55 | Principalmente para servicio a temperaturas media y alta |
| | C - Si | SA-515 | 60 | - " - |
| | C - Si | SA-515 | 65 | - " - |
| | C - Si | SA-515 | 70 | - " - |
| | C - Si | SA-516 | 55 | Para servicio a temperaturas moderada y baja |
| | C - Si | SA-516 | 60 | - " - |
| | C - Mn - Si | SA-516 | 65 | - " - |
| | C - Mn - Si | SA-516 | 70 | - " - |
| Bridas y accesorios | C - Mn - Si | SA-105 | | Para servicio a alta temperatura |
| | C - Si | SA-181 | I | Para servicio general |
| | C - Mn | SA-350 | LF1 | Para servicio a baja temperatura |
| | C - Mn - Si | | LF2 | |
| Tubería | C - Mn | SA-53 | B | Para servicio general |
| | C - Mn | SA-106 | B | Para servicio a alta temperatura |
| Tornillería | 1Cr-1/5 Mo. | SA-193 | B7 | Para servicio a alta temperatura; tornillos pasantes de 2 1/2 pulg de diámetro o menos |
| | | SA-194 | 2H | Para tuercas para servicio a alta temperatura |
| | | SA-307 | B | Tornillo de máquina para uso general |

| PROPIEDADES DE LOS MATERIALES: ACERO AL CARBONO Y DE BAJO CONTENIDO DE ELEMENTOS DE ALEACION Valores máximos de esfuerzo permitido a tensión 1000 lb/pulg ² * | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| Especificación | | Para temperatura del metal no mayor de, grados F | | | | | | | | | | |
| Número | Grado | - 20 a 650 | 700 | 750 | 800 | 850 | 900 | 950 | 1050 | 1100 | 1150 | 1200 |
| SA-283 | C | 12.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SA-285 | C | 13.8 | 13.3 | 12.1 | 10.2 | 8.4 | 6.5 | - | - | - | - | - |
| SA-515 | 55 | 13.8 | 13.3 | 12.1 | 10.2 | 8.4 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-515 | 60 | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-515 | 65 | 16.3 | 15.5 | 13.9 | 11.4 | 9.0 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-515 | 70 | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-516 | 55 | 13.8 | 13.3 | 12.1 | 10.2 | 8.4 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-516 | 60 | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-516 | 65 | 16.3 | 15.5 | 13.9 | 11.4 | 9.0 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-516 | 70 | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-105 | | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 9.3 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-181 | I | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-350 | LF1 | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 7.8 | 5.0 | 3.0 | 1.5 | - | - | - |
| | LF2 | 17.5 | 16.6 | 14.8 | 12.0 | 7.8 | 5.0 | 3.0 | 1.5 | - | - | - |
| SA-53 | B | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7 | 6.5 | - | - | - | - | - |
| SA-106 | B | 15.0 | 14.4 | 13.0 | 10.8 | 8.7 | 6.5 | 4.5 | 2.5 | - | - | - |
| SA-193 | B7 $\leq 2\frac{1}{2}$ " | 25.0 | 25.0 | 23.6 | 21.0 | 17.0 | 12.5 | 8.5 | 4.5 | - | - | - |
| SA-194 | 2H | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| SA-307 | B | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

* Datos de los materiales de uso más frecuentes tomados de las normas ASME, secciones II y VIII.

TABLA N° 2

| PROPIEDADES DE LOS MATERIALES (Continuación) | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----------|---|---|-------------------------------|
| Forma | Especificación | | Número p | Resistencia a la tensión 1000 lb/pulg ² | Punto de cedencia, 1000 lb/pulg ² | Ver notas |
| | Número | Grado | | | | |
| PLACA | SA-283 | C | 1 | 55.0 | 30.0 | 1 |
| | SA-285 | C | 1 | 55.0 | 30.0 | 2,6 |
| | SA-515 | 55 | 1 | 55.0 | 30.0 | 3 |
| | SA-515 | 60 | 1 | 60.0 | 32.0 | 3 |
| | SA-515 | 65 | 1 | 65.0 | 35.0 | 3 |
| | SA-515 | 70 | 1 | 70.0 | 38.0 | 3 |
| | SA-516 | 55 | 1 | 55.0 | 30.0 | 3,8 |
| | SA-516 | 60 | 1 | 60.0 | 32.0 | 3,8 |
| | SA-516 | 65 | 1 | 65.0 | 35.0 | 3,8 |
| | SA-516 | 70 | 1 | 70.0 | 38.0 | 3,8 |
| BRIDAS Y ACCESORIOS | SA-105 | | 1 | 70.0 | 36.0 | 2,3 |
| | SA-181 | 1 | 1 | 60.0 | 30.0 | 2,3 |
| | SA-350 | 1.1.1 1.1.2 | 1 | 60.0 70.0 | 30.0 36.0 | -- |
| Tubo sin costura | SA-53 | B | 1 | 60.0 | 35.0 | 2,3,4,7 |
| | SA-106 | B | 1 | 60.0 | 35.0 | 3 |
| TORNILLERÍA | SA-193 | B7 | | 125.0 | 105.0 | DIAM. 2 1/2 pulg y 3 1/4 pulg |
| | SA-194 | 211 | | 55.0 | | -- |
| | SA-307 | B | | 55.0 | | 5 |







PROPIEDADES DE LOS MATERIALES (Continuación)

NOTAS:

- La placa SA-283 ABCD puede usarse para partes de presión en recipientes sujetos a presión siempre que se cumplan todos los requisitos siguientes:
 - Que los recipientes no se usen para contener sustancias letales, sean líquidas o gaseosas.
 - Que el material no se utilice en la construcción de calderas de vapor sin fuego directo (ver párrafo U-1 (g)).
 - Que la temperatura de aplicación del material esté comprendida entre -20°F y 650°F.
 - Para cascos, cabezas y boquillas, sólo se use si el espesor de las placas en las que se aplique soldadura de resistencia no exceda de 5/8 de pulg.
- Para temperaturas de servicio superiores a 850°F se recomienda usar aceros muertos que contengan no menos de 0.10% de silicio residual. Los aceros muertos que han sido deoxidados con grandes cantidades de aluminio y los aceros rebordados pueden tener propiedades de escurrimiento plástico y ruptura por esfuerzo en el intervalo de temperatura superior a los 850°F, un poco inferiores a las que se han tomado como base para los valores de la tabla.
- Por exposición prolongada a temperaturas superiores aproximadas de 800°F, la fase de carburo del acero al carbono puede convertirse en grafito.
- Arriba de 850°F se utilizará sólo acero muerto.
- No se permite arriba de 450°F; valor de esfuerzo permitido 7000 lb/pulg².
- No se usará el material en espesores mayores de 2 pulg.
- Para tubo soldado los valores máximos de esfuerzo permitido son 15% menores. No se tolerará ningún incremento en estos valores de esfuerzo por haberse efectuado radiografía.
- Los valores de esfuerzo a usar para temperaturas inferiores a -20°F cuando los aceros cumplan con el suplemento (S) SA-20, serán los que se dan en la columna de -20 a 650°F.

TABLA Nº 3

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

| TIPOS NORMA UW-12 | | EFICIENCIA DE LA JUNTA, E | | |
|----------------------|---|--|------------------------------|-----------------------|
| | | Cuando la junta es: | | |
| | | a. Radiogra- fiada total- mente | b. Examinada por zonas | c. No Examinada |
| 1 |  <p>Junta a tope hechas por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p> | 1.00 | 0.85 | 0.70 |
| 2 |  <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que queda en su lugar después de soldar</p> <p>En juntas circunferenciales únicamente</p> | 0.90 | 0.80 | 0.65 |
| 3 |  <p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p> | — | — | 0.60 |
| 4 |  <p>Junta a traslape de doble filete completo</p> | — | — | 0.55 |
| 5 |  <p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapón</p> | — | — | 0.50 |
| 6 |  <p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapón</p> | — | — | 0.45 |

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS

| LIMITACIONES AL APLICAR LOS DISTINTOS TIPOS DE SOLDADURA | NOTAS | | | | | | | | |
|---|--|---------------------------|---------------------|---------------------|------|--------------------------|-----|-----------|------|
| <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 1 NINGUNA</p> <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 2, NINGUNA</p> <p>Excepto soldadura a tope con una placa desplazada; para uniones circunferenciales únicamente.</p> <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 3</p> <p>Para uniones circunferenciales únicamente, no más de 5/8 de pulg de espesor y no más de 24 pulg de diámetro exterior.</p> <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 4</p> <p>Uniones longitudinales de no más de 3/8 de pulg de espesor. Uniones circunferenciales de no más de 5/8 de pulg de espesor.</p> <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 5</p> <p>a) Uniones circunferenciales para juntas de cabezas de no más de 24 pulg de diámetro exterior a cascos de no más de 1/2 pulg de espesor. Se excluyen las juntas de cabezas hemisféricas a cascos.</p> <p>b) Uniones circunferenciales para juntas a cascos de no más de 5/8 de pulg de espesor nominal, cuando la distancia del centro de la soldadura de tapón a la orilla de la placa no sea menor de 1 1/2 veces el diámetro del orificio para el tapón.</p> <p style="text-align: center;">PARA EL TIPO 6</p> <p>a) Para la unión de cabezas convexas hacia la presión a cascos de no más de 5/8 de pulg de espesor requerido, sólo aplicando soldadura de filete en el interior del casco o</p> <p>b) Para la unión de cabezas con la presión en cualquiera de sus lados, a cascos de no más de 24 pulg de diámetro interior y no más de 1/4 de pulg de espesor requerido con soldadura de filete en el exterior de la brida de la cabeza solamente.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. En esta tabla se indican los tipos de juntas soldadas que son permitidas por las normas en procesos de soldadura por arco y con gas. 2. La forma de los bordes por unir mediante soldadura a tope deberá ser tal que permita lograr una fusión y penetración completas. 3. Las juntas a tope deberán estar libres de socavaciones, traslapes y lomos y valles bruscos. Para asegurarse de que se llenen completamente de soldadura las ranuras, el metal de soldadura puede acumularse como refuerzo. El espesor del refuerzo no debe exceder de las medidas siguientes. <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Espesor de la placa, pulg</th> <th style="text-align: left;">Refuerzo máx., pulg</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>hasta 1/4 inclusive</td> <td>3/32</td> </tr> <tr> <td>de 1/4 hasta 1 inclusive</td> <td>1/8</td> </tr> <tr> <td>más de 1"</td> <td>3/16</td> </tr> </tbody> </table> <ol style="list-style-type: none"> 4. Antes de soldar el segundo lado de una junta a tope de doble cordón, las impurezas de la soldadura del primer lado deben separarse por rebabeo, a esmeril o por fusión para que haya metal firme para penetración y fusión completas. Para la soldadura de arco sumergido se recomienda formar por rebabeo una ranura en el cráter. 5. Las máximas eficiencias permitidas para la junta que se dan en esta tabla se usarán en los cálculos de las cargas, al hacer las uniones por los procedimientos de soldadura por arco o con gas. | Espesor de la placa, pulg | Refuerzo máx., pulg | hasta 1/4 inclusive | 3/32 | de 1/4 hasta 1 inclusive | 1/8 | más de 1" | 3/16 |
| Espesor de la placa, pulg | Refuerzo máx., pulg | | | | | | | | |
| hasta 1/4 inclusive | 3/32 | | | | | | | | |
| de 1/4 hasta 1 inclusive | 1/8 | | | | | | | | |
| más de 1" | 3/16 | | | | | | | | |

$t = 0.1013$ pulg, agregando : C.A. $\Rightarrow t = 0.1013 + 0.125$

$t = 0.2263$ pulg, t comercial = $\frac{1}{4}$ ".

Luego el espesor de plancha para el cuerpo cilíndrico de la autoclave es de $\frac{1}{4}$ ".

3.1.2 CALCULO DEL ESPESOR DE LAS CABEZAS O TAPAS.

Al igual que en el caso de los cuerpos cilíndricos existen fórmulas en función de medida internas y externas. Como dentro del Apéndice de Manual API-ASME, existen tablas donde estandarizan diferentes tipos de tapas, podemos ayudarnos con ellas tomando algunas dimensiones para luego verificar el espesor con la siguiente fórmula expresada en función de las dimensiones exteriores:

$$t = \frac{P \times L \times M}{2 \times S \times E + P (M - 0.2)}$$

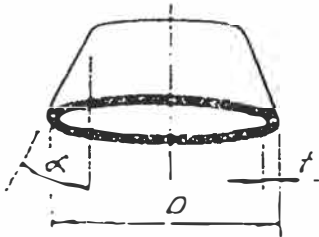
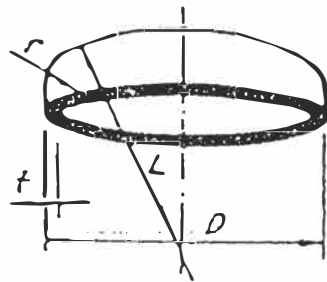
donde el valor de M depende de la relación L/r , por lo que: L es el radio exterior de la pieza bombeada en pulgadas y r es el radio interior de curvatura de la pieza bombeada en pulgadas. (ver Tabla N° 4, para hallar el factor M).
Luego, de la Tabla N° 5, TAPAS BOMBEADAS Y REBORDEADAS API-ASME, tenemos:

TABLA N°4

PRESION INTERNA

FORMULAS EXPRESADAS EN FUNCION DE LAS DIMENSIONES EXTERIORES

- P = Presion de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg²
- S = Valor de esfuerzo del material, lb/pulg².
- E = Eficiencia de junta.
- R = Radio exterior, pulgadas
- D = Diámetro exterior, pulgadas
- α = La mitad del ángulo en el vértice, grados
- L = Radio exterior de la pieza abombada, pulgadas
- r = Radio interior de curvatura de la pieza abombada, pulgadas
- t = Espesor de pared, pulgadas
- C.A. = Margen por corrosión, pulgadas

| | | |
|---|--|---|
|  | CONO Y SECCION CONICA | |
| | $t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE + 0.4P)}$ | $P = \frac{2SEt \cos \alpha}{D - 0.8t \cos \alpha}$ |
| | <p>1. La mitad del ángulo apex en el vértice. α no es mayor de 30°</p> <p>2. Cuando α es mayor de 30°, se requiere un análisis especial (apéndice de las normas 1-5(e)).</p> | |
|  | CABEZA ASME BRIDADA Y ALABEADA (CABEZA TORISFERICA) | |
| | Cuando L/r = 16 2/3 | |
| | $t = \frac{0.885PL}{SE + 0.8P}$ | $P = \frac{SEt}{0.885L - 0.8t}$ |
| Cuando L/r menor de 16 2/3 | | |
| $t = \frac{PLM}{2SE + P(M - 0.2)}$ | $P = \frac{2SEt}{ML - t(M - 0.2)}$ | |

VALORES DEL FACTOR M

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|------|
| L/r | 1.00 | 1.25 | 1.50 | 1.75 | 2.00 | 2.25 | 2.50 | 2.75 | 3.00 | 3.25 | 3.50 | 4.00 | 4.50 | 5.00 | 5.50 | 6.00 | 6.50 |
| M | 1.00 | 1.03 | 1.06 | 1.08 | 1.10 | 1.13 | 1.15 | 1.17 | 1.18 | 1.20 | 1.22 | 1.25 | 1.28 | 1.31 | 1.34 | 1.36 | 1.39 |
| L/r | 7.00 | 7.50 | 8.00 | 8.50 | 9.00 | 9.50 | 10.0 | 10.5 | 11.0 | 11.5 | 12.0 | 13.0 | 14.0 | 15.0 | 16.0 | 16 2/3 | * |
| M | 1.41 | 1.44 | 1.46 | 1.48 | 1.50 | 1.52 | 1.54 | 1.56 | 1.58 | 1.60 | 1.62 | 1.65 | 1.69 | 1.72 | 1.75 | 1.77 | |

* LA RAZON MAXIMA PERMITIDA: L - t = D

TABLA Nº 5

TAPAS BOMBREADAS Y REBORDEADAS

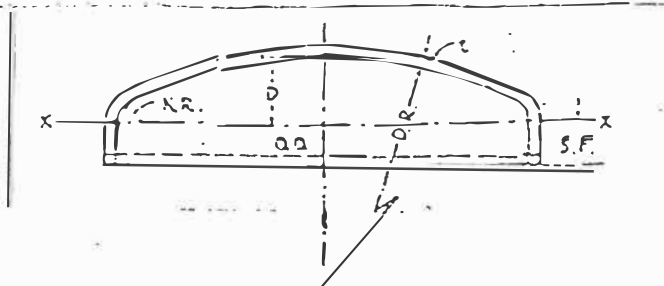
PARA CALDEROS Y RECIPIENTES A PRESION NO TERMICOS

API-ASME

DIMENSIONES Y VOLUMENES

| Diámetro exterior | Espesor calibrado | Radio de bombeo | Radio de rebordes | Máx pestaña recta | Profundidad interior del bombeo | Diámetro del desarrollo | Peso del diám. de desarrollo | | Volumen | |
|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------|---------|--------|
| | | | | | | | lb | cu in. | gal | |
| OD | t | OR | KR | SF | D | | | | | |
| 38 | 1 1/8 | 36 | 3 3/8 | 6 | 6.774 | 45.951 | 530 | 4394.9 | 19.025 | |
| | 1 1/4 | 36 | 3 3/4 | 6 | 6.947 | 46.33 | 601 | 4517.7 | 19.557 | |
| | 1 3/8 | 30 | 4 1/8 | 6 | 7.926 | 46.71 | 676 | 4955.7 | 21.458 | |
| | 1 1/2 | 30 | 4 1/2 | 6 | 8.053 | 47.03 | 753 | 5038.6 | 21.813 | |
| | 1 5/8 | 30 | 4 5/8 | 6 | 8.205 | 47.46 | 815 | 5119.4 | 22.162 | |
| | 1 3/4 | 30 | 5 1/4 | 6 | 8.354 | 47.83 | 897 | 5198.4 | 22.504 | |
| | 1 7/8 | 30 | 5 3/8 | 6 | 8.508 | 48.21 | 981 | 5275.5 | 22.838 | |
| 40 | 1 1/8 | 36 | 2 1/2 | 3 1/2 | 7.245 | 46.33 | 150 | 5322.2 | 23.040 | |
| | 1 1/4 | 36 | 2 1/2 | 4 1/2 | 7.208 | 46.33 | 180 | 5266.1 | 22.797 | |
| | 1 3/8 | 36 | 2 1/2 | 6 | 7.171 | 46.33 | 211 | 5210.6 | 22.557 | |
| | 1 1/2 | 36 | 2 1/2 | 6 | 7.134 | 46.33 | 241 | 5155.5 | 22.318 | |
| | 1 5/8 | 36 | 2 1/2 | 6 | 7.091 | 46.33 | 301 | 5047.0 | 21.848 | |
| | 1 3/4 | 36 | 2 1/2 | 6 | 6.988 | 46.33 | 361 | 4940.4 | 21.387 | |
| | 1 7/8 | 36 | 2 3/8 | 6 | 6.939 | 46.42 | 421 | 4915.1 | 21.278 | |
| | 1 1/8 | 36 | 3 | 6 | 7.138 | 47.67 | 513 | 5047.5 | 21.851 | |
| | 1 1/4 | 36 | 3 1/8 | 6 | 7.292 | 48.04 | 599 | 5177.3 | 22.413 | |
| | 1 3/8 | 36 | 3 1/4 | 6 | 7.451 | 48.42 | 684 | 5304.3 | 22.952 | |
| | 1 1/2 | 36 | 4 1/8 | 6 | 7.614 | 48.79 | 735 | 5426.4 | 23.500 | |
| | 1 5/8 | 36 | 4 1/2 | 6 | 7.782 | 49.17 | 818 | 5549.4 | 24.024 | |
| | 1 3/4 | 30 | 4 3/8 | 6 | 8.510 | 49.54 | 904 | 6028.6 | 26.098 | |
| | 1 7/8 | 30 | 5 1/4 | 6 | 8.939 | 49.92 | 974 | 6105.1 | 26.429 | |
| | 1 1/8 | 30 | 5 3/8 | 6 | 9.074 | 50.29 | 1054 | 6180.6 | 26.756 | |
| | 42 | 1 1/8 | 42 | 2 3/4 | 3 1/2 | 7.012 | 48.50 | 164 | 5797.6 | 25.083 |
| | | 1 1/4 | 42 | 2 3/4 | 4 1/2 | 6.980 | 48.50 | 196 | 5741.5 | 24.855 |
| 1 3/8 | | 42 | 2 3/4 | 6 | 6.948 | 48.50 | 229 | 5685.7 | 24.615 | |
| 1 1/2 | | 42 | 2 3/4 | 6 | 6.916 | 48.50 | 292 | 5631.0 | 24.377 | |
| 1 5/8 | | 42 | 2 3/4 | 6 | 6.853 | 48.50 | 327 | 5622.3 | 23.905 | |
| 1 3/4 | | 42 | 2 3/8 | 6 | 6.790 | 49.50 | 393 | 5415.4 | 23.443 | |
| 1 7/8 | | 42 | 2 3/4 | 6 | 6.728 | 48.50 | 458 | 5310.2 | 22.983 | |
| 1 1/8 | | 42 | 3 | 6 | 6.909 | 49.75 | 556 | 5484.0 | 23.740 | |
| 1 1/4 | | 36 | 3 1/4 | 6 | 7.855 | 50.13 | 638 | 6077.9 | 26.311 | |
| 1 3/8 | | 36 | 3 3/4 | 6 | 7.999 | 50.50 | 709 | 6275.6 | 26.866 | |
| 1 1/2 | | 36 | 4 1/8 | 6 | 8.147 | 50.88 | 799 | 6333.0 | 27.416 | |
| 1 5/8 | | 36 | 4 1/2 | 6 | 8.301 | 51.25 | 885 | 6458.9 | 27.952 | |
| 1 3/4 | | 36 | 4 3/8 | 6 | 8.459 | 51.63 | 978 | 6578.1 | 28.477 | |
| 1 7/8 | | 36 | 5 1/4 | 6 | 8.622 | 52.00 | 1053 | 6695.5 | 28.990 | |
| 1 1/8 | | 36 | 5 3/8 | 6 | 8.790 | 52.38 | 1150 | 6812.1 | 29.490 | |
| 2 | | 30 | 6 | 6 | 9.826 | 52.75 | 1250 | 7222.0 | 31.567 | |
| 2 1/4 | | 30 | 6 1/2 | 6 | 10.089 | 53.50 | 1403 | 7499.4 | 32.162 | |

- Todas las dimensiones están sujetas a las tolerancias de fabricación normales (Según código ASME)
- Las tapas pueden ser suministradas con dimensiones KR mayores o menores y espesores más gruesos.
- El mínimo SF es 1/2" en todos los casos. SF puede ser cualquier dimensión entre el mínimo y el máximo.
- El diámetro de desarrollo está basado en un SF de 1/2".



$$\text{Diámetro exterior} = \text{Diámetro int.} + 2 \times t = 39.5 + 2 \times 0.25 = 40''$$

$$\text{Radio de bombeo externo} = 36 + 5/16 = 36.3125 \text{ pulg.}$$

$$\text{Radio de rebordeo o de curvatura} = 2 \frac{1}{2}''$$

$$\text{Pestaña recta} = 1 \frac{1}{2}''$$

Reemplazando datos en la fórmula (para $L/r = 36.3125 / 2.5 = 14.525$, luego interpolando de la tabla: $M = 1.705$):

$$t = \frac{60 \times 36.3125 \times 1.705}{2 \times 13,800 \times 0.85 + 60 (1.705 - 0.2)}$$

$$t = 0.1589 \text{ pulg., agregando C.A.} = 0.125 \text{ pulg.}$$

$$t = 0.2839 \text{ pulg., } t \text{ comercial} = 5/16'' \text{ API-ASME}$$

El espesor de la tapas a considerar será de $5/16''$ en material Acero SA-285 °C.

3.1.3 CALCULO DE LA PRESION MAXIMA DE TRABAJO PERMITIDA

a) Para el cuerpo cilíndrico tenemos la siguiente fórmula:

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

DATOS:

$$S = 13,800 \text{ lbs/pulg.}^2 \text{ Material acero SA-285}$$

$$E = 0.85 \text{ (eficiencia de junta)}$$

$$t = \frac{1}{4}''$$

$$R = D/2 = 19.75 \text{ pulg.}$$

Reemplazando:

$$P = \frac{13,800 \times 0.85 \times 0.25}{19.75 \times 0.6 \times 0.25}$$

$$P = 147 \text{ lbs/pulg.}^2$$

- b) Para calcular la presión máxima de trabajo permitida, para una tapa bombeada y rebordeada tipo API-ASME, tenemos la siguiente fórmula:

$$P = \frac{2 \times S \times E \times t}{M \times L - t (M - 0.2)}$$

Reemplazando datos ya conocidos:

$$P = \frac{2 \times 13,800 \times 0.85 \times 0.3125}{1.705 \times 36.3125 - 0.3125(1.705-0.2)}$$

$$P = 119 \text{ lbs/pulg.}^2$$

Luego, la presión máxima de trabajo permitida para la tapa diseñada tipo API-ASME de 5/16'' de espesor es de 119 lbs/pulg.2

3.1.4 CALCULO DE DIMENSIONES DE LOS PERNOS SUJETADORES DE LA TAPA

Se considera para su cálculo la teoría de Juntas con empaque en una superficie circular interior al círculo de pernos (Método ASME).

Para esto tenemos que:

$$A = F / Sd$$

donde:

A : Area Total de pernos.

F : Fuerza de ajuste inicial + Fuerza de presión de operación ; ó

Carga exterior + Reacción de empaquetadura

Sd : Esfuerzo permisible a Temperatura de operación = 4.9 Kg. /mm²

$$= 6,969 \text{ Lbs/pulg.}^2 \text{ . Tabla N}^\circ 6.$$

Como:

$$F = 3.1416 \times G^2 \times P/4 + (2 \times 3.1416 \times b \times G) (m \times P)$$

Calculando, b: ancho efectivo de la empaquetadura; con N: Ancho geométrico = 1.25 > 0.5 pulg;

$$\text{Se tiene } b = \sqrt{N/8} = \sqrt{1.25/8} = 0.395 \text{ pulg.}$$

$$\text{Luego : } b = 0.395 \text{ pulg}$$

Podemos considerar una empaquetadura de Caucho duro, cuya características son las siguientes:

- Capacidad para absorber carga en la zona plástica.
- Es impermeable

| DESIG- NACION ASTM | TEMPERATURA DEL MATERIAL EN °C | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | -30° | -30° e. 40° | 100° | 150° | 200° | 250° | 300° | 350° | 400° | 450° | 500° | 550° |
| A307-B | - | 4.9 | 4.9 | 4.9 | 4.9 | | | | | | | |
| A325 | - | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 13.2 | 12.5 | 11.0 | | | |
| A354-BB | - | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.2 | 13.2 | 12.5 | 11.0 | | | |
| A354-BC | - | 16.2 | 16.2 | 16.2 | 16.2 | 14.1 | 14.1 | 13.3 | 11.7 | | | |
| A354-BD | - | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 14.1 | 14.1 | 13.3 | 11.7 | | | |
| A193-B5 | - | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 11.8 | 7.9 | 4.4 |
| A193-B6 | - | 14.1 | 13.5 | 13.2 | 12.9 | 12.5 | 12.1 | 11.4 | 10.4 | 8.9 | | |
| A193-B7 | - | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 11.7 | 6.9 | |
| A193-B14 | - | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 17.6 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 13.0 | 10.3 | 6.2 |
| A193-B16 | - | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 14.1 | 13.0 | 10.3 | 6.2 |
| A193-B8 | - | 10.5 | 9.2 | 8.4 | 7.6 | 7.1 | 6.6 | 6.2 | 5.8 | 5.5 | 5.1 | 4.9 |
| A193-B8C | - | 10.5 | 10.4 | 9.5 | 8.9 | 8.6 | 8.4 | 8.3 | 8.2 | 8.1 | 7.8 | 7.5 |
| A193-B8T | - | 10.5 | 10.4 | 9.5 | 8.9 | 8.6 | 8.4 | 8.3 | 8.2 | 8.1 | 7.8 | 7.5 |
| A320-L7 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | | | | | | | |
| A320-L9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | | | | | | | |
| A320-L10 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | 14.8 | | | | | | | |
| A320-B37 | 10.5 | 10.5 | | | | | | | | | | |

ESFUERZOS PERMISIBLES, Kg/mm2, PARA DIFERENTES TEMPERATURAS DEL MATERIAL - ASME

- Es plástica
- Tiene resistencia : Térmica (hasta 200°C), corrosiva y al aplastamiento.

De la tabla N° 7 : El coeficiente de junta es : $m = 1$

También para : $N > 0.5$ pulg. ; G : Diámetro de locación de la empaquetadura,

Será : $G = D_{om} - 2 \times b = 42.50 - 2 \times 0.395 = 41.71$ pulg.

Reemplazando datos obtenidos en F ; con $P =$ Presión de operación = 30 lb/pulg.2

$$F = \frac{3.1416 \times 41.712 \times 30}{4} + (2 \times 3.1416 \times 0.395 \times 41.71) (1 \times 30)$$

$$F = 44,096.8 \text{ lbs}$$

$$\text{En : } A = F / S_d = 44,096.8 / 6,969 = 6,327 \text{ pulg.}^2$$

Considerando un valor equivalente a 08 pernos en el contorno de la tapa, tendremos un valor de:

$$A = \text{Area de esfuerzo} = 6.327 / 8 = 0.79 \text{ pulg.}^2 = 510 \text{ mm}^2,$$

De la tabla 8 de Roscas métricas de paso regular, seleccionamos :

Diámetro mayor = 30 mm

Paso = 3.5 mm

Area de esfuerzo = 562.60 mm² > 510 mm² (hallado)

DESIGNACION : M 30 x 3.5

CANTIDAD: 08 unidades

TABLA N°7 COEFICIENTE DE JUNTA m

| | | COEFICIENTE DE JUNTA m | VALOR DE FLUENCIA y |
|---|------------------|--------------------------|-----------------------|
| LAMINA DE CAUCHO | | 0.50 | 0 |
| LAMINA DE CAUCHO DURA | | 1.00 | 13 |
| GOMA BLANDA CON TEJIDO | | 0.75 | 3 |
| GOMA DURA CON TEJIDO | | 1.25 | 28 |
| HOJA DE FIBRA VEGETAL (CÁRAMO O YUTE) | | 1.75 | 79 |
| AMIANTO CON TEJIDO DE ALAMBRE Y CAUCHO | 3 HOJAS | 2.25 | 155 |
| | 2 HOJAS | 2.50 | 202 |
| | 1 HOJAS | 2.75 | 257 |
| COMPOSICION DE AMIANTO O AMIANTO COMPRIMIDO | 3 mm. ESP. | 2.00 | 114 |
| | 1.5 mm. ESP. | 2.75 | 257 |
| | 0.75 mm. ESP. | 3.50 | 456 |
| METAL EN ESPIRAL CON AMIANTO | ACERO AL CARBONO | 2.50 | 202 |
| | KA2S O TIPO 316 | 3.00 | 316 |
| ACERO ESTRIADO CON RELLENO DE AMIANTO | | 2.75 | 257 |

TABLA N°8 CARACTERISTICAS DE ROSCAS METALICAS (Paso regular).

| Diámetro mayor nominal, d mm | Paso p mm | Hilos por plg N (aprox.) | Area de esfuerzo de tensión, A , mm ² | Area al diámetro menor, A_1 , mm ² |
|--------------------------------|-------------|----------------------------|--|---|
| 3 | 0.5 | 51 | 5.06 | 4.51 |
| 4 | 0.7 | 36 | 8.83 | 7.81 |
| 5 | 0.8 | 32 | 14.26 | 12.77 |
| 6 | 1 | 26 | 20.23 | 18.03 |
| 8 | 1.25 | 20 | 36.79 | 33.07 |
| 10 | 1.5 | 17 | 58.27 | 52.64 |
| 12 | 1.75 | 14 | 84.66 | 76.74 |
| 16 | 2 | 13 | 157.27 | 144.90 |
| 20 | 2.5 | 10 | 245.75 | 226.40 |
| 24 | 3 | 8 | 353.87 | 326.02 |
| 30 | 3.5 | 7 | 562.60 | 521.57 |
| 36 | 4 | 6 | 819.50 | 762.84 |

* El diámetro menor, usado para evaluar A_1 , se obtuvo de la ecuación $d_1 = d - 1.280655 p$. El diámetro de paso empleado se determinó mediante la fórmula $d_p = d - 0.640327 p$. El promedio de los diámetros de paso y menor se usó para calcular el área del esfuerzo de tensión. Los valores (aproximados) de hilos por pulgada se incluyen sólo como referencia, y no deben emplearse en los cálculos.

3.1.5 DIAMETROS DE DESARROLLO DE LAS TAPAS.

Para la tapa superior, tenemos según el libro de Process Equipment Design de Brownell:

Diámetro de desarrollo: $D = D_o + D_o/42 + 2 \times S_f + 2/3 \times i_{cr}$

Donde: $D_o = 41 \frac{7}{8}$ " (diámetro externo de la tapa)

Considerando datos de la tabla API-ASME, para un diámetro cercano a D_o
Tabla N° 5:

$i_{cr} = 2 \frac{1}{2}$ " (radio de rebordo)

$S_f = 1 \frac{1}{2}$ " (pestaña recta de la tapa)

$R = 36.3125$ pulg. (radio de bombeo)

Reemplazando datos:

$D = 47.5387$ pulg. = 1208 mm.

Para la tapa inferior recurrimos a la tabla N° 5, donde:

Tapa API-ASME de 40" tiene un diámetro de desarrollo de 46.33 " = 1176.8 mm..

3.1.6 PESO DEL CUERPO CILINDRICO Y DE LAS TAPAS.

a) Cuerpo cilíndrico: El valor a hallar será igual al producto de su peso específico por el volumen de la plancha desarrollada.

$P = 7800 \text{ Kg/m}^3 \times 3.152 \text{ m} \times 1.83 \text{ m} \times 6.35 \times 10^{-3} \text{ m} = 285.5 \text{ Kgs}$

- b) Tapa superior: Su peso será igual al producto de su peso específico por el volumen del disco desarrollado.

$$P = 0.28 \text{ (lb/pulg}^3\text{)} \times 3.1416 \times 47.542 \times 5/16 / 4 \text{ (pulg}^3\text{)} = 155.31 \text{ lb} = 70.6 \text{ Kg}$$

- c) Tapa inferior: De la tabla N° 5, para un diámetro externo de 40", su peso es:

$$P = 150 \text{ lbs} = 60.18 \text{ Kg}$$

3.2 PROCESO DE FABRICACION

En la siguiente página se muestra ilustrativamente los procedimientos más importantes en la fabricación de autoclaves verticales.

3.2.1 MAQUINAS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Entre las máquinas y equipos más importantes a utilizar en la fabricación de las autoclaves tenemos:

ROLADORA O CURVADORA DE PLANCHAS CON EQUIPO ELECTRICO DE 10 HP.

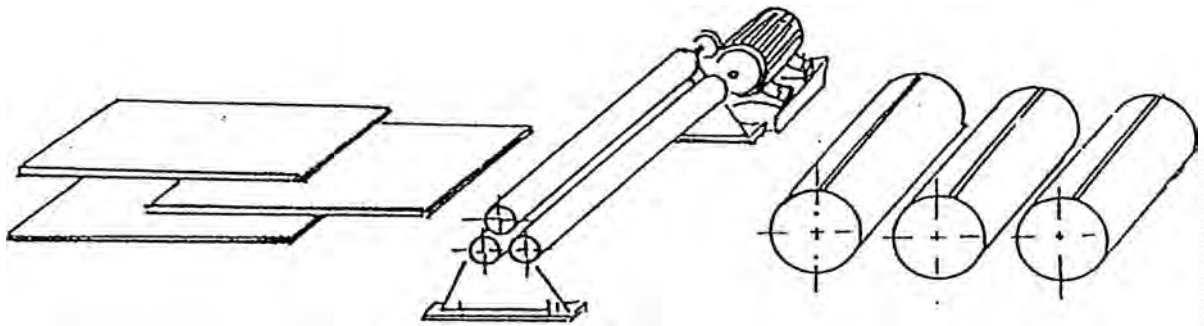
PRENSA HIDRAULICA DE 120 TN.

REBORDEADORA O PESTAÑADORA PARA DIAMETROS DE HASTA 3 METROS.

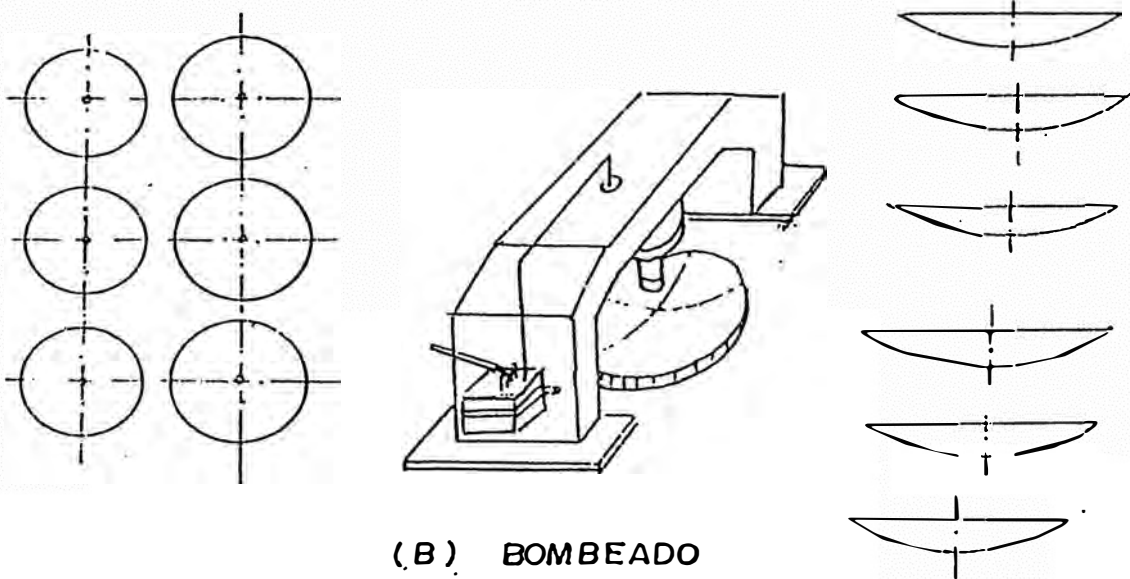
TORNO HORIZONTAL DE BANCADA CORTA.

MAQUINA DE SOLDAR C.C.-300 A.

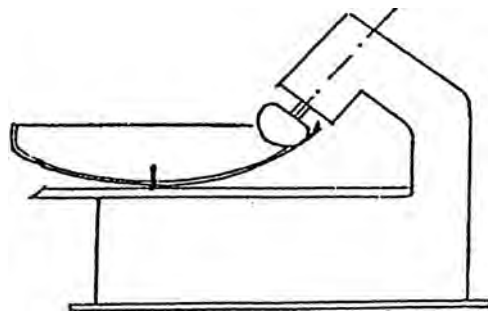
PROCESO DE FABRICACION DE AUTOCLAVES VERTICALES



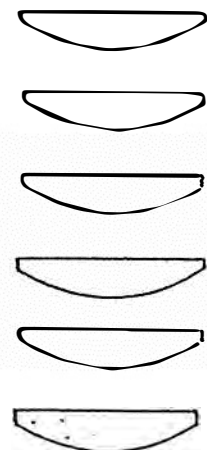
(A) ROLADO

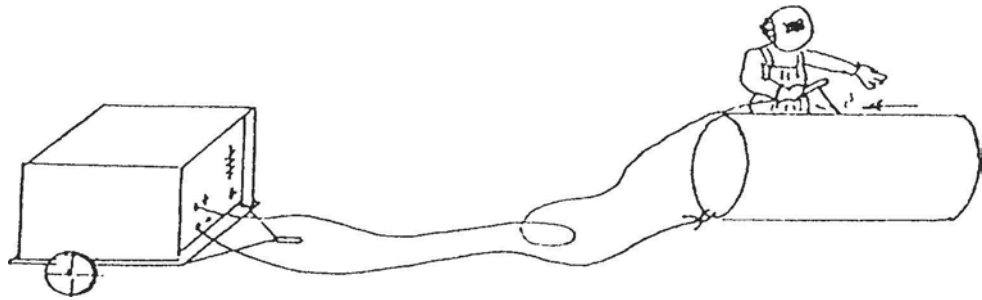


(B) BOMBEADO



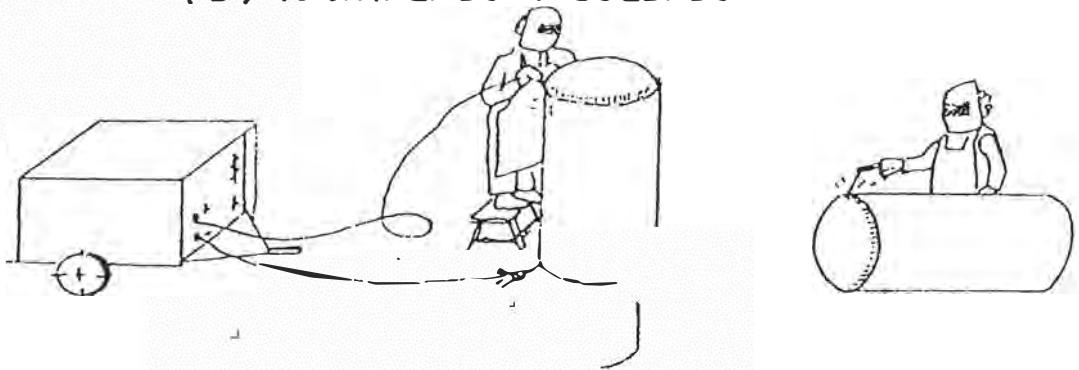
(C) REBORDEADO O FESTANADO



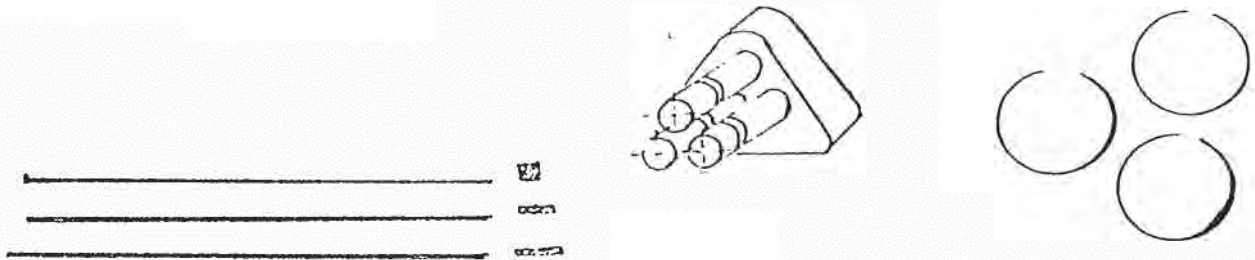


CILINDRO

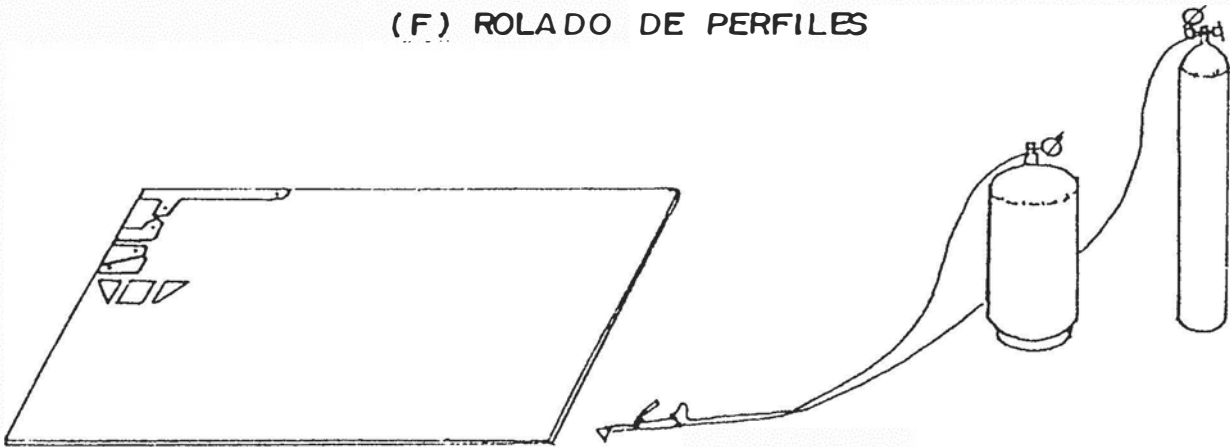
(D) APUNTALADO Y SOLDADO



(E) APUNTALADO Y SOLDADO: TAPA CILINDRO



(F) ROLADO DE PERFILES



(G) TRAZADO Y CORTES DIVERSOS

- TALADRO RADIAL Capacidad de brocado de 2”.
- EQUIPO OXICORTE (GAS PROPANO Y OXIGENO).

3.2.2 PROCESO DE FABRICACION

Las planchas a utilizar tienen medidas estandarizadas de 6 pies de ancho por 24 pies de largo, pudiendo adquirirse cortadas de 6 x 12. Para nuestro caso se tendrá que adquirir plancha y media para el conformado de los tres cuerpos cilíndricos , en espesores de ¼”. Para el caso de el trazado de las tapas , estas se realizaran sobre planchas de 5/16” de espesor, pero en una sola plancha completa se conseguirán las seis tapas que se necesitan para la fabricación de las tres autoclaves. Estas planchas son de material SA-285 Grado C.

Una vez realizado los trazos respectivos se procede al corte con equipo de oxicorte - gas propano más oxígeno - (ver plano N° FA-004-M)

Luego se procede a la limpieza de los filos que se encuentran con rebabas mediante un cincel, quedando listo para el rolado de las planchas para conformar los cuerpos cilíndricos. En el caso de los discos para el conformado de las tapas hay que realizar el agujero en el centro con una broca en un taladro radial aproximadamente de ¾”.

Una vez limpios los discos se procede al bombeado de los mismos en una prensa hidráulica para terminar su proceso en la máquina rebordeadora.

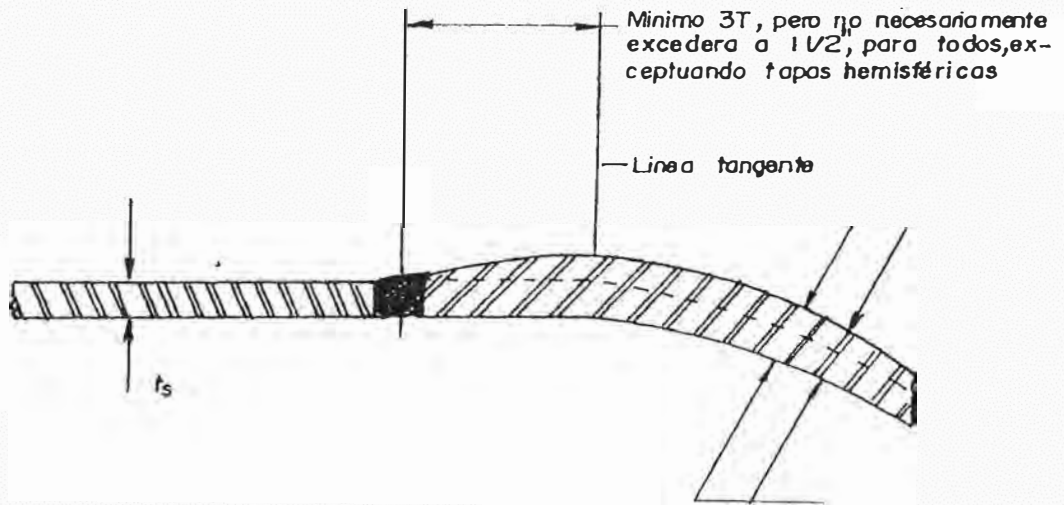
El siguiente paso es el de la soldadura, comenzando con el cuerpo cilíndrico

apuntalándolo con una separación de 1/8". Para la unión con soldadura se recomienda utilizar electrodos clase AWS – E-6011 , E-7018 y E-7024 en la parte externa del cuerpo cilíndrico y en la parte interna solo pasar el E-7024. Para la parte interna es necesario considerar un biselado mínimo antes de colocar la soldadura. En la misma forma se procede con la instalación de la tapa al cuerpo cilíndrico. En este caso no existe problema de unión por la diferencia de espesores, ya que la normas para esta soldadura a tope está permitida (ver esquema de la siguiente página).

Seguidamente rolamos los perfiles que servirán de refuerzo y de sujeción a la tapa superior y su empaquetadura. A la vez se puede ir realizando el trazo y el corte de los componentes según los planos N° FA-002-S y FA-003-B , que corresponden a los soportes de los sujetadores - inferior y superior - así como las bisagras de la tapa superior, para luego proceder a su instalación según el plano principal de la autoclave No FA-001 (ver planos al final).

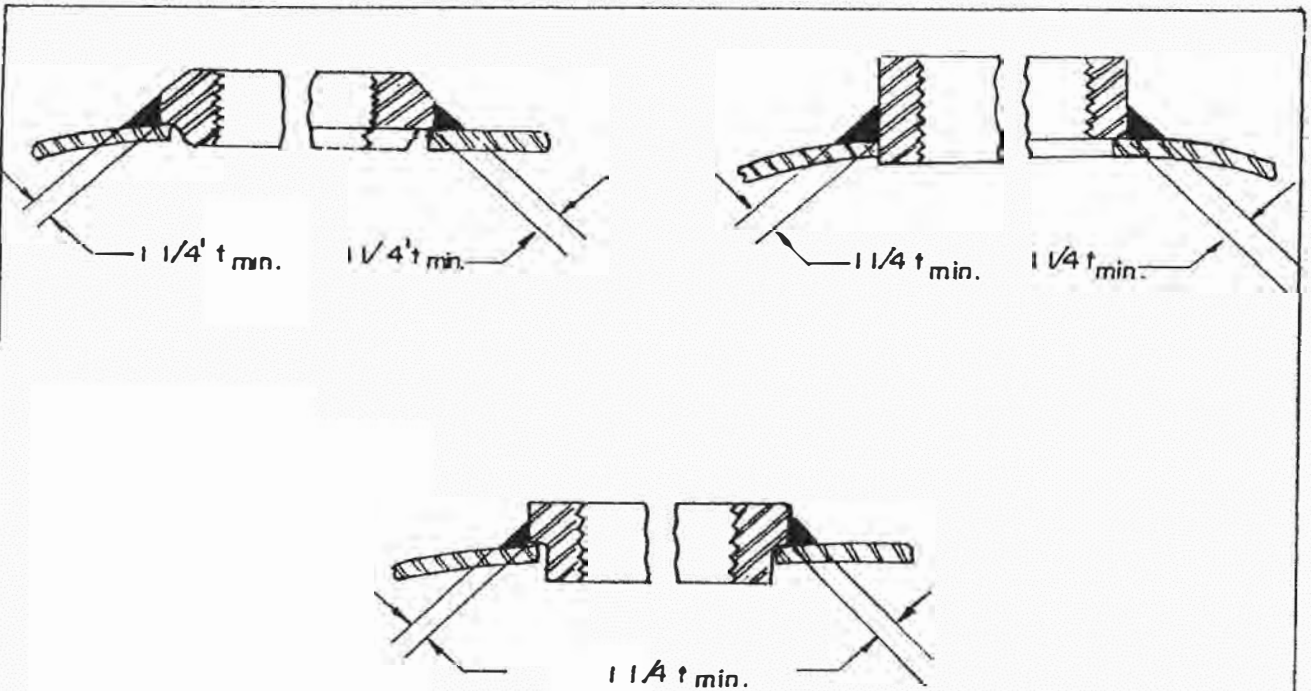
Con apoyo de estos planos que muestran la disposición además de los diferentes accesorios como son los acoples , que para su instalación se requiere hacer en primer lugar los agujeros respectivos con el taladro radial, en algunos casos se utiliza el equipo oxicorte por ser el procedimiento más rápido y dependerá del tamaño del agujero , para una mejor ayuda de como se deben colocar los acoples ver esquema de la página siguiente.

Para la colocación de las patas estas se colocarán a 120° y se realizarán en planchas de 1/2" (trazado, corte y plegado) , instalándolas sobre refuerzos de



Cuando T_h excede a $1.25 t_s$.

SOLDADURA A TOPE
FIJACION DE TAPAS A CASCO-ASME



- Notas: - Máximo espesor del casco = $3/8''$
 - Máximo diametro de la rosca interior = $3 1/2''$

TIPOS ACEPTABLES DE CONEXIONES PEQUEÑAS - ASME

plancha de 5/16” .

Para instalar la caja de registro se requiere realizar un corte en el cuerpo cilíndrico con dimensiones aproximadas de 8”x 8”. Dicha caja se fabricará de la misma clase de plancha y llevará soldado tres acoples de 1”.

Internamente se deberán colocar unas plaquitas triangulares que servirán de soporte de las canastillas., estas plaquitas tienen forma de triángulo rectángulo de 4” cada cateto. Su espesor será de ¼”.

Tanto las patas, la caja de registro y las placas soporte de canastilla se dispondrán según el plano principal.

Para terminar con el proceso en sí, el tornero tendrá que fabricar los pernos sujetadores de acuerdo a las especificaciones mostradas en el plano de detalle NoFA-002-S, así como las tuercas, las bocinas y los pines según el material que se especifica.

3.3 CONTROL DE CALIDAD Y PRUEBAS

Según el capítulo 2, el control de calidad se determina realizando la respectiva radiografía de las zonas soldadas, más en la zona de unión cilíndrica-completamente- y por tramos en la parte de la zona circunferencial. Si en la inspección se ven a simple vista algunos poros superficiales es necesario tomarlos en cuenta marcándolos y para que con la prueba

hidrostática ver si existen fugas en dichas marcas. Si existen se realiza la reparación correspondiente, según el párrafo 2.2.3.6.3. Para realizar la prueba hidráulica se necesita tener una bomba manual proveída de un manómetro de por lo menos 100 lbs/pulg². Hay que considerar la utilización de tapones machos para los acoples y realizar un buen ajuste de ellos. Muchas veces los acoples al ser soldados tienden a quebrarse superficialmente y son causantes de fugas sin ser notadas en las pruebas realizadas.

Para finalizar , por norma todo recipiente sujeto a presión debe tener marcado en una plancha pequeña soldada al recipiente –en este caso en la autoclave- la presión a la que ha sido sometida a prueba.

CAPITULO 4

EVALUACION ECONOMICA

4.1 ANALISIS DE COSTOS

El costo de fabricación se descompone en varios comandos: Costo de la materia prima (materiales sobre los que se va a ejecutar el trabajo, mano de obra y uso de herramientas de trabajo), Equipamiento (elementos que se compran y se instalan directamente).

Al costo total obtenido se le agrega los gastos generales, como son los gastos de venta y también están incluidos los Materiales que no han sido tomados en cuenta.

Se agrega la utilidad que debe obtener la empresa metal mecánica por la ejecución del trabajo.

El número de horas hombre, horas máquina que se deberán invertir durante la fabricación los he estimado, comparándolos con los utilizados en su proceso la vez que estuve dirigiendo su ejecución.

Los precios de los materiales y equipos corresponden a los montos actuales y el de máquinas son los que cobran en estos días la empresa MEFISA.

COSTO POR AUTOCLAVE

A) CUERPO CILINDRICO

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO \$ | COSTO PARCIAL \$ | COSTO TOTAL \$ |
|---------------------|--------|----------|----------------------|---------------------|-------------------|
| MATERIALES | | | | | |
| Plancha SA-285 °C | Kg | 285.5 | 1.73 | 493.90 | |
| Soldadura | Kg | 1.5 | 2.42 | 3.63 | |
| Piedra abrasiva | | 1 | 11.30 | 11.30 | 508.83 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| 1 Operario (1 d) | Hh | 8 | 2.00 | 16.00 | |
| 1 Ayudante (1 d) | Hh | 8 | 1.65 | 13.20 | 29.20 |
| EQUIPO | | | | | |
| Rolado y soldado | Kg | 285.50 | 0.65 | 185.60 | 185.60 |
| | | | | | 723.63 |

B) BOMBEADO Y PESTAÑADO

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO \$ | COSTO PARCIAL \$ | COSTO TOTAL \$ |
|--------------------------|--------|----------|----------------------|---------------------|-------------------|
| MATERIALES | | | | | |
| Plancha | Kg | 138.80 | 1.73 | 240.12 | 240.12 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| 1 Operario | hh | 4 | 2.00 | 8.00 | |
| 1 Ayudante | hh | 4 | 1.65 | 6.60 | 14.60 |
| EQUIPO | | | | | |
| Prensa y Rebordeadora | Kg | 138.80 | 1.20 | 166.56 | 166.56 |
| | | | | | 421.28 |

C) UNION TAPA – CILINDRO E INSTALACION DE TAPA SUPERIOR

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO PARCIAL | COSTO TOTAL |
|---------------------|--------|----------|----------------|---------------|---------------|
| | | | \$ | \$ | \$ |
| MATERIAL | | | | | |
| Soldadura | Kg | 6.00 | 2.40 | 14.40 | |
| Perfiles | Kg | 40.76 | 0.40 | 16.30 | |
| Plancha | Kg | 36.62 | 0.60 | 21.97 | 52.67 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| 1 Operario | hh | 10 | 2.00 | 20.00 | |
| 1 Ayudante | hh | 10 | 1.65 | 16.50 | 36.50 |
| EQUIPOS | | | | | |
| Máquina de soldar | hm | 8 | 6.00 | 48.00 | |
| Herramientas(3%MO) | -- | -- | -- | 1.10 | 49.10 |
| | | | | | 138.27 |

D) CAJA DE REGISTROS, PATAS, PERNOS, BOCINAS, etc.

| DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO \$ | COSTO PARCIAL \$ | COSTO TOTAL \$ |
|--------------------------|--------|----------|----------------------|---------------------|-------------------|
| MATERIAL | | | | | |
| Plancha | Kg | 45.00 | 1.73 | 77.85 | |
| Soldadura | Kg | 1.80 | 2.40 | 4.32 | |
| Accesorios – Acoples | u | 12 | 4.00 | 48.00 | |
| Ejes redondo y hexagonal | Kg | 25.50 | 0.60 | 15.30 | 145.47 |
| MANO DE OBRA | | | | | |
| 1 Operario (2 d) | hh | 8 | 2.00 | 32.00 | |
| 1 Ayudante (2 d) | hh | 8 | 1.65 | 26.40 | 58.40 |
| EQUIPOS | | | | | |
| Máquina de soldar | hm | 8 | 6.00 | 48.00 | |
| Torno Horizontal (3 d) | hm | 8 | 8.00 | 192.00 | 240.00 |
| | | | | | 443.87 |

COSTO POR AUTOCLAVE

| | TOTALES |
|---|----------------|
| | \$ |
| A) CUERPO CILINDRICO | 723.63 |
| B) BOMBEADO Y PESTAÑADO | 421.28 |
| C) UNION TAPA CILINDRO E INSTALACION DE TAPA SUPERIOR | 138.27 |
| D) CAJA DE REGISTRO, PATAS, PERNOS, BOCINAS, etc. | 443.87 |
| SUB-TOTAL | 1727.05 |
| GASTOS GENERALES (10%) | 172.70 |
| UTILIDAD (20%) | 345.41 |
| COSTO DE FABRICACION | 2245.16 |
| I.G.V. (18%) | 404.13 |
| COSTO DE VENTA | 2649.39 |

CONCLUSIONES

1. El material a utilizar según las normas en la fabricación de las autoclaves es el acero con denominación SA-285⁰⁰ y en el mercado se encuentran solo como productos importados. Dentro de las normas el acero SA-283⁰⁰ es una alternativa, pero en el mercado no se encuentran, sin embargo la empresa SiderPerú lo fabrica a pedido y por toneladas, dificultando su utilización.
2. Para calcular una autoclave se deberá tener en cuenta el producto que se desea someter al proceso de cocción u otro proceso para definir el nivel de presión de la autoclave.
3. El efecto corrosivo en las autoclaves es un factor negativo para su vida útil. Un recipiente sujeto a presiones variables y a temperaturas relativamente altas de vapor de agua se corroen 0.005 pulgadas de su espesor por año. Considerando que nuestro factor por corrosión es de 0.125 pulgadas, las autoclaves tendrán una vida útil de 5 años.
4. Las autoclaves fabricadas para la empresa Olympus Trading Co. S.A. requieren actualmente ser cambiadas. Su vida útil fue de 8 años. Esto se debe a que el material utilizado en su fabricación fue en acero estructural A-36.
5. Se ha tenido la oportunidad de construir las autoclaves y recipientes sometidos a presión siguiendo las normas de diseño de las mismas, lográndose fabricar equipos que trabajan a satisfacción y con gran eficiencia.

RECOMENDACIONES

1. Se puede recomendar un baño químico de galvanizado para proteger las autoclaves de la corrosión para extender su vida útil, pero no existen tinas de baño de más de 1 metro de ancho en el mercado; considerando que nuestras autoclaves tienen un diámetro mayor a esta medida no se podrían galvanizar.
2. Es necesario utilizar para las placas de refuerzo (sistema de bisagra, caja de registros, patas, etc.) el mismo material sobre la autoclave, ya que al unirlos en el momento de someterla a la soldadura por la fusión se evitaría un fenómeno electroquímico causante de una corrosión prematura.

BIBLIOGRAFIA

1. **Manual de recipientes a presión – diseño y cálculo**
EUGENE F. MEGYESY – Editorial Limusa, S.A. de c.v.
Grupo Noriega Editores - 1995
2. **Marks manual del ingeniero mecánico I, II y III**
8º Edición en Inglés (2º edición en Español)
THEODORE BAUMEISTER
EUGENE A. AVALLONE
THEODORE BAUMEISTER III
Libros Mc Graw-Hill de México, S.A. de c.v. 1984
3. **Conservación de alimentos**
NORMAN W. DESROSIER
Cía Editorial Continental S.A. de c.v., México 1956.
4. **Conservas vegetales : Frutas y Hortalizas**
GUALBERTO BERGERAT, 2º Edición
Colección Agrícola SALVAT
Salvat Editores S.A. 1963
5. **Proyecto de elementos de máquinas**

SPOTTS, H.F.

6. Diseño y análisis de elementos de máquinas

SLAYMARER, PHILIP K.

7. Resistencia de materiales

FERDINAND L. SINGER

Harper & Row Latinoamericana – Harla – México – 1971.

8. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE A.P.I.

NORMA A.P.I. 650/1979-Tapas bombeadas y rebordeadas. Recipientes a presión, detalles.

REVISTAS

1. **Boletín Técnico de Soldadura**
Electrodos Derlikon – División de Explosivos S.A.
Nº 36 Diciembre, 1977 – Corrosión y Soldadura

2. **Catalago de productos – Empresa Siderurgica del Perú**
SIDERPERU : Productos Laminados en caliente – planchas gruesas
Pág. 16 y 17.

APENDICE

AUTOCLAVES ESTACIONARIAS

PROCESAMIENTO CON SOBREPRESION

1. INTRODUCCION

El término “sobrepresión” se refiere a la presión que se le supe a la autoclave en exceso de la ya ejercida por el medio de calentamiento a una temperatura de proceso dado. En una autoclave de vapor a 121°C (250°F) la presión es de 1,05 kg/cm² (15 psig); cualquier presión que se suministre a la autoclave en exceso de 1,05 kg/cm² se denomina sobrepresión. Por ejemplo, los sistemas de autoclave descritos en este capítulo pueden operar a una presión de 1,75-2,45 kg/cm² (25-35 psig) con una temperatura de autoclave de 121°C (250°F). A diferencia de la operación de autoclaves estacionarias que usan vapor puro, las autoclaves que utilizan agua o mezclas de vapor/aire como medio de calentamiento, pueden tener aire introducido durante el ciclo de procesamiento.

La sobrepresión durante el procesamiento se requiere para mantener la integridad de los envases que, debido a la construcción del empaque y al tipo de cierre, tienen una resistencia limitada a la presión interna (Figura 10). La presión interna en estos envases será mayor que la presión del vapor puro a la temperatura de proceso. Algunos ejemplos de envases procesados con sobrepresión son envases plásticos semi-rígidos con tapas selladas por calor, bolsas flexibles, bandejas de metal y frascos de vidrio.

2. DESCRIPCION DE LAS AUTOCLAVES

Existe una variedad de tipos de autoclaves diseñados para proporcionar sobrepresión durante el procesamiento sin agitación. La autoclave puede usar vapor o aire como la fuente de sobrepresión. El medio de procesamiento usado varía y puede ser agua, la cual se aplica a los envases en forma de cascadas o en la cual se sumergen completamente los envases, o pueden aplicar una mezcla de vapor/aire. El sistema de manejo de envases varía entre los sistemas tipo por cargas y el continuo.

3. INSTALACION Y OPERACIÓN DE LAS AUTOCLAVES

Las consideraciones de instalación para estos sistemas de autoclave varía dependiendo del tipo de medio de calentamiento y la fuente de sobrepresión. Estas autoclaves están equipadas con varios controles y alarmas necesarios para controlar los factores críticos.

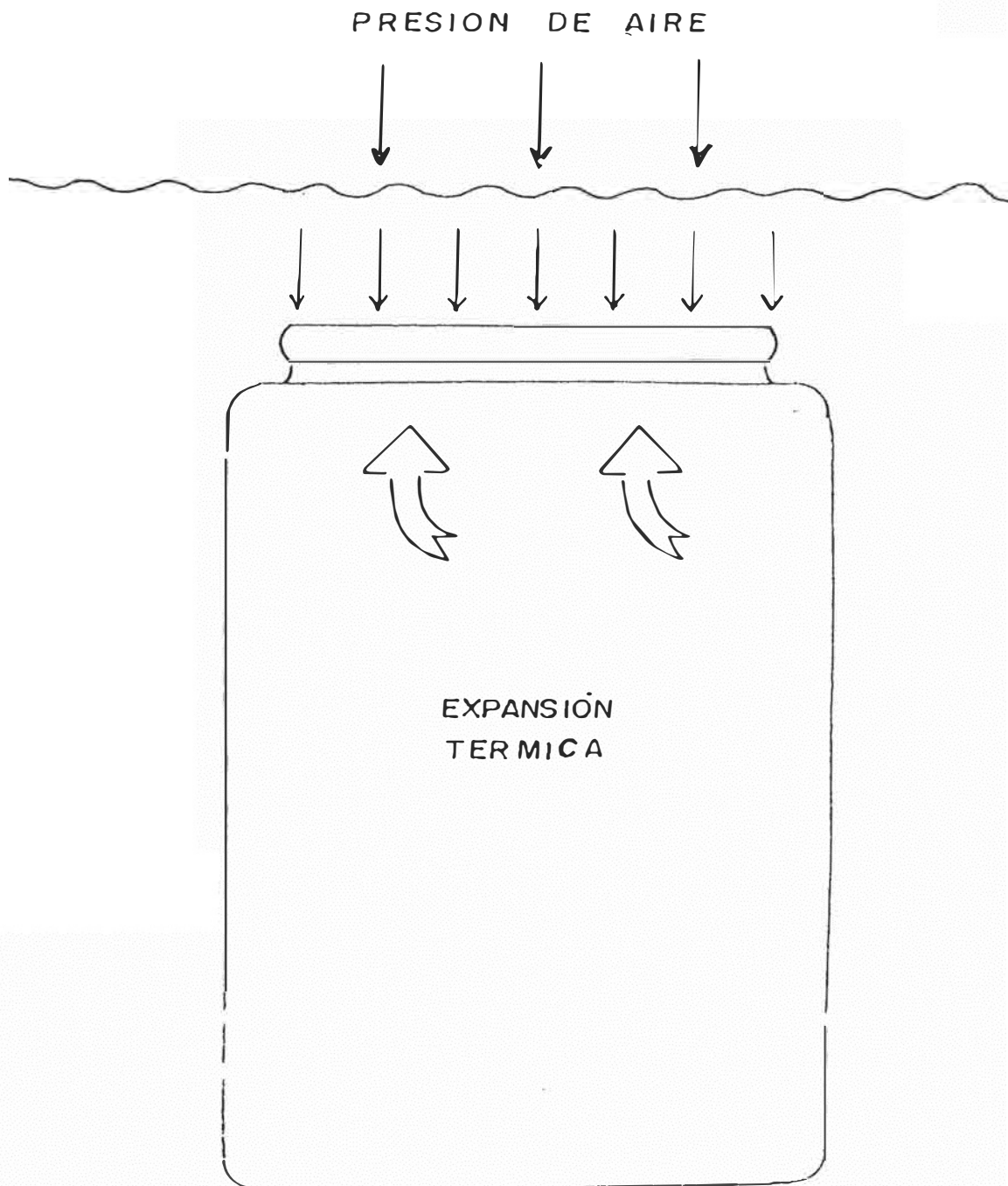


Fig. 10 La presión reforzada de aire evita daños al envase y a la pérdida de hermeticidad del sello durante el proceso.

4. INSTRUMENTACION

Se requiere de por lo menos un dispositivo indicador de temperatura (termómetro de mercurio en vidrio) y un aparato registrador de temperatura para cada autoclave.

Cuando se usa agua como medio de procesamiento, el bulbo o sensor del dispositivo indicador de temperatura (termómetro de mercurio en vidrio) deberá estar localizado por debajo de la superficie del agua durante todo el procesamiento. En las autoclaves verticales en donde los envases se sumergen en agua, el bulbo puede ser instalado en un receptáculo para termómetro. El receptáculo debe estar diseñado para permitir una buena circulación de agua alrededor del bulbo. Se sugiere un receptáculo de termómetro hemisférico; sin embargo, un receptáculo rectangular puede usarse si es por lo menos de 20x20x10 cm (8x8x4 pulgadas). En las autoclaves horizontales el bulbo o sensor deberá estar insertado directamente en el armazón de la autoclave. Tanto en las autoclaves horizontales como en las verticales, el bulbo o sensor deberá extenderse dentro del agua de procesamiento por lo menos dos pulgadas, sin un receptáculo o manga que lo separe.

Cuando el medio de procesamiento es una mezcla de vapor/aire, USDA requiere que el bulbo o sensor del dispositivo indicador de temperatura (termómetro de mercurio en vidrio) sea insertado directamente en el armazón de la autoclave y sea colocado de tal forma que el vapor no le llegue

directamente.

En el aparato registrador de temperatura/tiempo, el bulbo o sensor debe estar localizado adyacente al dispositivo indicador de temperatura (termómetro de mercurio en vidrio), excepto en el caso de una autoclave vertical equipada con una combinación registrador-regulador. En autoclaves verticales en donde los envases se sumergen en agua, el bulbo del registrador-regulador deberá estar localizado debajo del soporte del canasto más bajo, colocado de tal forma que el vapor no choque directamente contra él. En las autoclaves horizontales, el bulbo del registrador-regulador de la temperatura deberá estar colocado entre la superficie del agua y el plano horizontal que pasa a través del centro de la autoclave, a fin de evitar que el vapor choque directamente con el bulbo o sensor del registrador-regulador

Para autoclaves que usan una mezcla de vapor/aire como medio de calentamiento, el USDA especifica que el bulbo del registrador-regulador de temperatura deberá estar insertado directamente en el armazón de la autoclave de tal forma que el vapor no choque directamente con él.

5. REGULADOR DEL VAPOR

Independientemente del medio de procesamiento, cada autoclave deberá estar equipada con un regulador automático del vapor para mantener la temperatura de la autoclave. Puede ser un instrumento registrador-regulador si está

combinado con un aparato registrador de temperatura/tiempo. El regulador automático del vapor debe responder sólo a la temperatura.

6. CONTROL DE LA PRESION

La sobrepresión puede ser suplida en la forma de aire vapor. El USDA especifica que la sobrepresión requerida deberá mantenerse continuamente durante los períodos de calentamiento inicial, procesamiento térmico y enfriamiento. Cada autoclave deberá tener una unidad automática de control de presión para introducir aire comprimido o vapor a la velocidad adecuada. Hay varias marcas de lograr esto. Uno de los diseños involucra la introducción de aire o vapor a un flujo constante y la liberación de presión cuando ésta sube por encima de cierto nivel. Otro diseño involucra la introducción de vapor por la parte superior de la autoclave por encima del nivel de agua. El aire o vapor que entra o sale de la autoclave se controla por medio de válvulas automáticas de control. En las autoclaves que usan una mezcla de vapor/aire como medio de procesamiento, el USDA requiere que la autoclave esté equipada con un registrador regulador de presión para controlar la entrada de aire y la salida de la mezcla vapor/aire.

Si se usa aire comprimido para proveer la sobrepresión, deberá instalarse una válvula de retención que no permita el retorno del flujo (check) en la línea de abastecimiento de aire para prevenir que la humedad entre al sistema. Si se usa vapor para proveer la sobrepresión, se necesita entonces una fuente de

vapor controlada independientemente para mantener la sobrepresión adecuada. Este sistema debe estar separado de la fuente de vapor usada para mantener la temperatura de la autoclave.

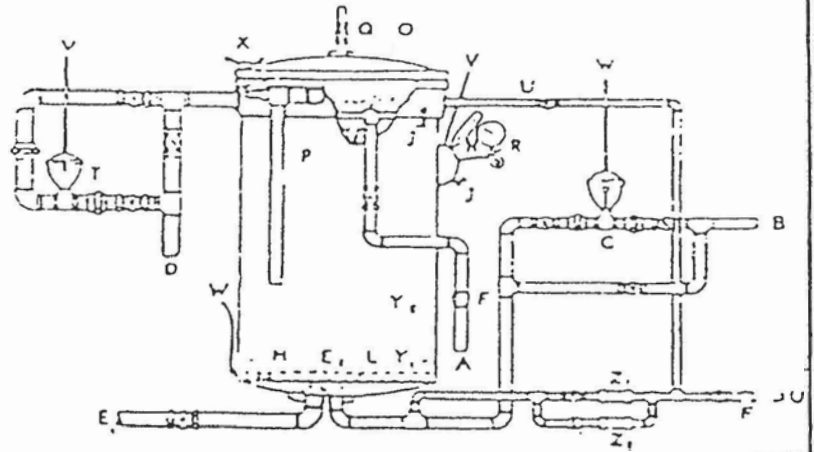
El USDA requiere que cada sistema de autoclave esté equipado con un aparato registrador de presión, que puede estar combinado con el regulador de presión. Además, cada autoclave debe estar equipada con un manómetro de presión que pueda ser fácilmente leído por el operador.

7. CIRCULACION DEL MEDIO DE PROCESAMIENTO

Deberá proveerse algún medio para asegurar una distribución de calor uniforme dentro de la autoclave durante el procesamiento, independientemente del medio de procesamiento utilizado. La uniformidad deberá documentarse por medio de pruebas de distribución de calor u otra documentación proporcional por una autoridad de proceso. Hay básicamente dos formas en que se puede proveer una circulación adecuada. En los sistemas de autoclaves verticales, se puede usar aire comprimido para promover la circulación de agua y la distribución de calor. En los sistemas de autoclaves verticales y horizontales, se puede circular el agua dentro de la autoclave por medios mecánicos para proveer una distribución de calor adecuada (Figura 11).

AUTOCLAVES VERTICALES

- A Tubería del agua
- B Tubería del vapor
- C Controlador de la temperatura
- D Tubería del rebosadero
- E₁ Tubería de drenaje
- E₂ Cedazos
- F Válvula de retención
- G Tubería de la reserva de agua caliente
- H Tubería de succión y tubo múltiple
- I Bomba de circulación
- J Furgadores
- K Tubería de recirculación
- L Distribuidor del vapor
- M Bulbo del controlador de temperatura
- N Termómetro
- O Esparcidor del agua
- P Válvula de seguridad
- Q Válvula de remoción del aire para el procesamiento en vapor
- R Manómetro
- S Controlador de entrada del aire
- T Controlador de la presión
- U Tubería de aire
- V A los instrumentos de control de presión
- W A los instrumentos de control de temperatura
- X Tuercas de orejas (se requieren 8)
- Y₁ Soporte de los canastos
- Y₂ Gulas de los canastos
- Z₁ Válvulas de orificio de flujo constante que no usa durante el período de subida inicial de temperatura
- Z₂ Válvula de orificio de flujo constante que se usa durante la esterilización



AUTOCLAVES HORIZONTALES

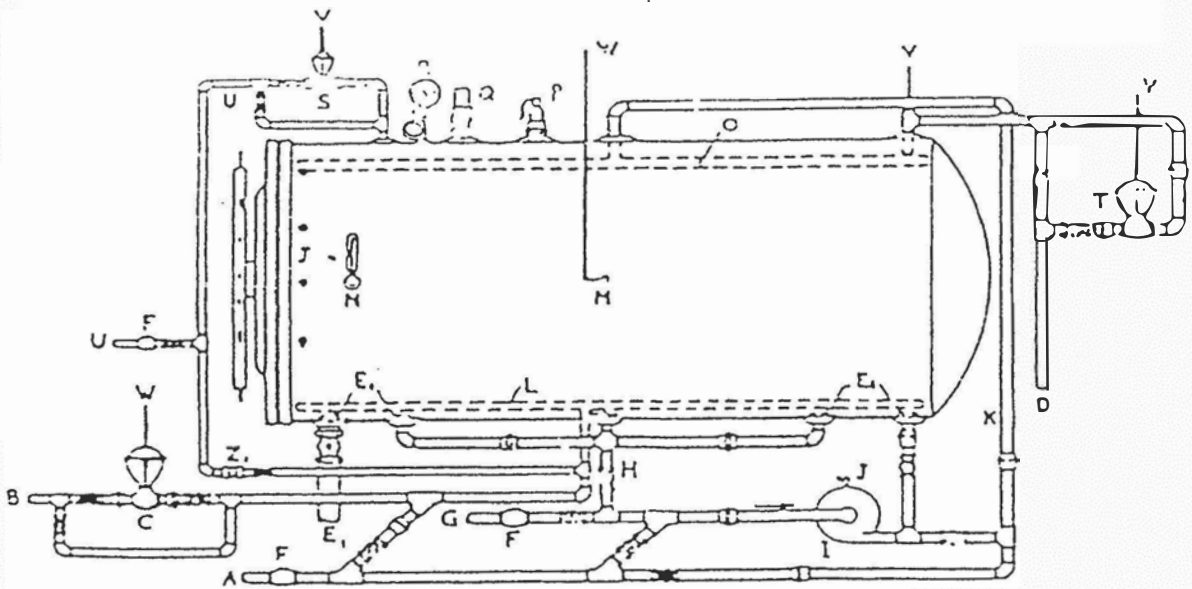


Fig. 11 Requisitos básicos de tubería e instrumentos para autoclaves estacionarias usadas para el procesamiento en agua a presión.

Cuando se usa aire para promover la circulación, el aire deberá ser introducido en la línea de vapor en un punto intermedio entre la autoclave. El aire entra a la autoclave junto con el vapor y generalmente pasa a través del esparcidor en el fondo de la autoclave.

El aire proporciona agitación al agua caliente conforme sube a través de los canastos. Dos diseños de esparcidores se muestran en la Figura 12. Se recomienda que se usen guías para centrar los canastos para proporcionar un espacio de 38 mm (1 1/2") entre la pared lateral del canasto y el armazón de la autoclave. Este espacio permite una amplia circulación del agua a lo largo de la pared de la autoclave. En autoclaves verticales se requiere el uso de soportes de fondo para canastos. No se permiten las placas deflectoras en el fondo de la autoclave.

Además de proporcionar circulación al agua, el aire que se introduce en la línea de vapor también sirve para reducir la vibración (golpeteo o martillado del vapor) que resulta al introducir vapor en agua fría. Durante el período de calentamiento inicial se necesita un volumen de aire mayor para reducir la vibración. Después de este período, el volumen de aire puede ser reducido al nivel necesario para mantener una distribución de calor adecuada. Normalmente, la línea suplidora de aire está diseñada para permitir que el aire fluya a través de dos orificios de flujo constante: uno para el período de calentamiento inicial y otro más pequeño para el aire durante el procesamiento. El aire introducido en la línea de vapor también servirá para

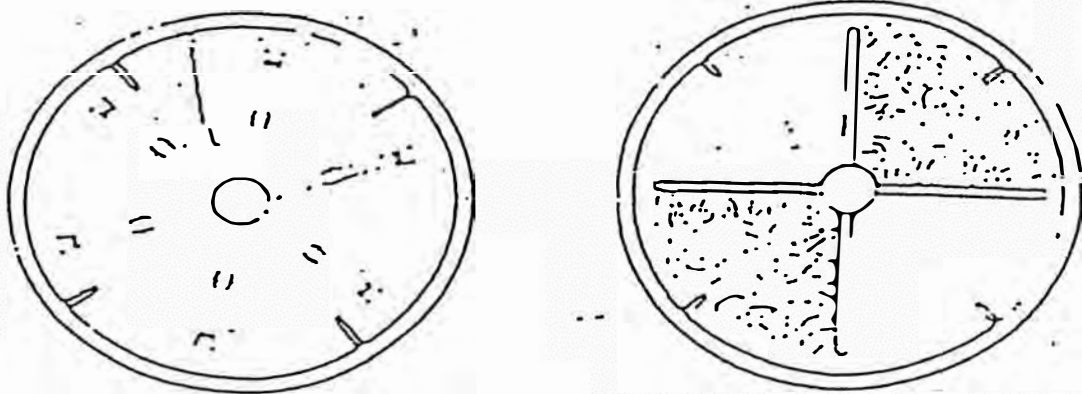


Fig. 12. Vista superior de dos tipos de esparciadores de vapor que se utilizan en autoclaves verticales para procesamiento en agua a presión.

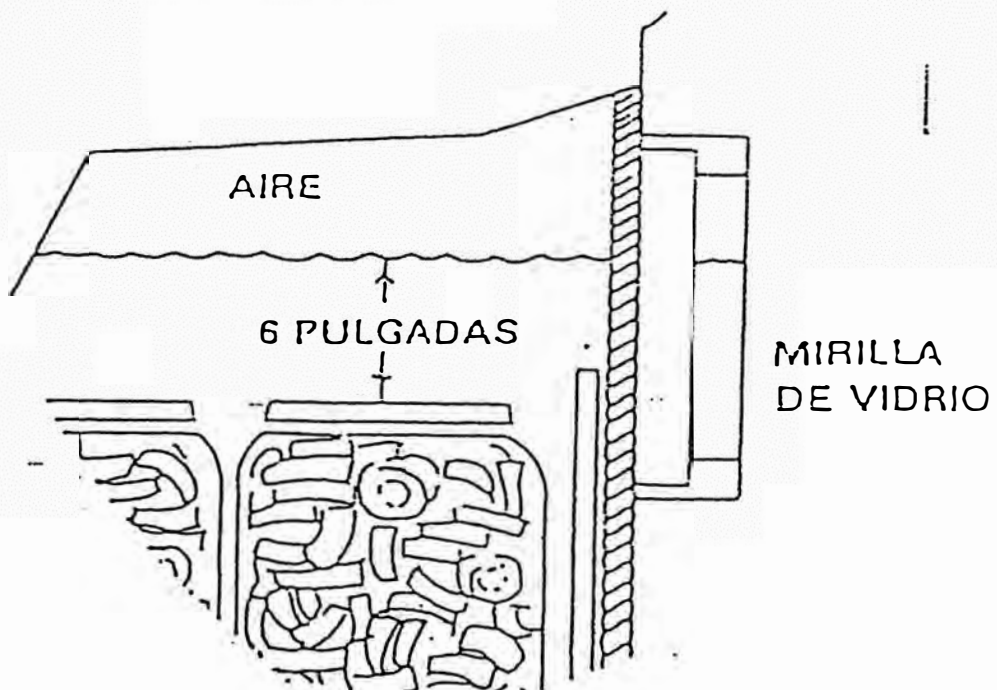


Fig. 13. Mirilla de vidrio para comprobación visual del nivel adecuado de agua.

mantener la sobrepresión.

En muchas autoclaves diseñadas para usar agua como medio de procesamiento, como las autoclaves horizontales, el uso de aire por sí sólo no asegura una distribución de calor adecuada. En estas autoclaves, el agua se circula con una bomba. El agua se recoge del fondo de la autoclave a través de un cabezal de succión y se descarga a través de un esparcidor que se extiende a lo largo de una autoclave horizontal, o de un esparcidor que recorre la circunferencia de una autoclave vertical. Los hoyos del esparcidor deberán estar uniformemente distribuidos a lo largo del mismo, y el área total transversal de los hoyos no debe ser mayor que el área transversal de la salida de la bomba. Las salidas de la succión de agua de la autoclave deberán estar protegidas con cedazos o tamices para prevenir que residuos o escombros entren en el sistema de recirculación. La bomba deberá estar equipada con una luz piloto o un dispositivo indicador que sirva para advertirle al operador cuando la bomba no está trabajando. El USDA permite el uso de un medidor de flujo como una alternativa para garantizar una circulación de agua adecuada.

Algunos sistemas de procesamiento están diseñados para que el agua caiga en forma de cascadas sobre los envases. Estos sistemas requieren de una bomba para circular el agua de procesamiento. Otros métodos alternos para circular el medio de calentamiento pueden ser usados siempre y cuando logren y mantengan una distribución de calor adecuada.

En los sistemas que usan una mezcla de vapor/aire como medio de procesamiento, se requiere de un medio, como lo es un abanico, para circular el medio de calentamiento y para mantener una mezcla uniforme de vapor y aire. El sistema de circulación deberá estar equipado con una luz piloto o un dispositivo indicador que sirva para advertirle al operador cuando el sistema no está funcionando. Las regulaciones de USDA especifican que, si se están usando sistemas de proceso vapor/aire, debe notificarse inmediatamente a la agencia.

8. CONSTRUCCION DE CANASTOS, DIVISORES Y ESTANTES

Los canastos, divisores y estantes deberán estar diseñados para permitir una circulación uniforme del medio de calentamiento alrededor de todos los envases dentro de la autoclave. El patrón de perforaciones debe ser igual o exceder aproximadamente agujeros de 25 mm (1") espaciados 51 mm (2") de centro a centro o su equivalente. Los canastos, divisores y estantes pueden estar hechos de flejes de hierro o de láminas perforadas de metal o plástico.

Los envases flexibles y, cuando se aplique, los envases plásticos semi-rígidos, generalmente requieren de un diseño especial de estantes. El USDA especifica que los estantes para estos envases deben estar diseñados de tal forma que el espesor de los envases llenos no exceda al espesor especificado en el proceso establecido, y que los envases no se desplazan de sus sitios ni se apilan sobre otros envases durante el procesamiento. Los envases que se salen

de los estantes pueden interferir con los patrones de circulación del medio de calentamiento y esto puede provocar un proceso insuficiente. Debe tenerse cuidado al procesar envases flexibles o semi-rígido para prevenir rupturas o abrasiones que pueden ocurrir al contacto con orillas de metal filosas o gastadas.

9. INDICADOR DEL NIVEL DEL AGUA

En los sistemas que usan agua como medio de procesamiento, deberá proveerse una forma de determinar el nivel del agua en la autoclave durante la operación. Este requerimiento puede cumplirse con una mirilla de vidrio (Figura 13) o con una alarma de nivel bajo del agua. Para los sistemas que requieren una inmersión completa de los envases, el agua deberá cubrir todos los envases durante el periodo de calentamiento inicial y el periodo de procesamiento. El agua también debe cubrir los envases durante el enfriamiento. Para los sistemas que usan cascadas de agua, el FSIS requiere que el nivel de agua el sistema de autoclave se mantenga dentro del ámbito especificado por el fabricante de la autoclave o por la autoridad de proceso.

10. SUMINISTRO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO

Cuando estos sistemas de autoclave se usan para procesar envases de vidrio, el agua de enfriamiento debe introducirse de tal forma que no choque directamente con los envases, para minimizar la quiebra del vidrio por el

choque térmico. En las autoclaves verticales estacionarias en las cuales los envases se sumergen completamente en agua (profundidad mínima recomendada = 15 cm, o 6", (vea la Figura 13), el agua de enfriamiento debe introducirse dentro del agua de procesamiento a aproximadamente 10 cm (4") por encima de la capa superior de envases, pero por debajo del nivel de agua en la autoclave. Se puede usar un esparcidor de agua para este propósito. Una vez que los frascos alcanzan una temperatura apropiada, el agua de enfriamiento puede introducirse por el fondo de la autoclave.

En las autoclaves que usan agua recirculada como medio de calentamiento, el agua de enfriamiento debe ser introducida por la parte de succión de la bomba.

11. VALVULAS DE DRENAJE

Las autoclaves que requieren del mantenimiento de un nivel de agua específico deberán estar equipadas con una válvula de drenaje hermética al agua a prueba de obstrucción. Es un requerimiento de FSIS y una práctica recomendada, el instalar cedazos en todos los agujeros de drenajes.

12. CONSIDERACIONES DEL PROCESAMIENTO SOBREPRESION

La sobrepresión es necesaria para mantener la integridad del envase en ciertos

tipos de envases y para permitir un procesamiento adecuado. Cada tipo de envase diferente puede requerir una cantidad de sobrepresión diferente en tiempos diferentes durante los ciclos de proceso y enfriamiento. Mucha sobrepresión al inicio puede producir el colapso o la distorsión permanente de los envases plásticos. Una sobrepresión insuficiente durante el procesamiento o enfria por encima de la capa superior de envases, pero por debajo del nivel de agua en la autoclave. Se puede usar un esparcidor de agua para este propósito. Una vez que los frascos alcanzan una temperatura apropiada, el agua de enfriamiento puede introducirse por el fondo de la autoclave.

En las autoclaves que usan agua recirculada como medio de calentamiento, el agua de enfriamiento debe ser introducida por la parte de succión de la bomba.

13. VALVULAS DE DRENAJE

Las autoclaves que requieren del mantenimiento de un nivel de agua específico deberán estar equipadas con una válvula de drenaje hermética al agua a prueba de obstrucción. Es un requerimiento de FSIS y una práctica recomendada, el instalar cedazos en todos los agujeros de drenajes.

14. CONSIDERACIONES DEL PROCESAMIENTO

SOBREPRESION

La sobrepresión es necesaria para mantener la integridad del envase en ciertos tipos de envases y para permitir un procesamiento adecuado. Cada tipo de envase diferente puede requerir una cantidad de sobrepresión diferente en tiempos diferentes durante los ciclos de proceso y enfriamiento. Mucha sobrepresión al inicio puede producir el colapso o la distorsión permanente de los envases plásticos. Una sobrepresión insuficiente durante el procesamiento o enfriamiento puede hacer que los envases se hinchen, lo cual puede dañar los sellos de los envases, afectar las características de calentamiento del producto, o interferir con los patrones de circulación de agua en la autoclave. Para un envase en particular, debe ser recomendado un patrón de presión adecuado por parte del proveedor del envase o por la autoridad de proceso.

Además, los factores como la temperatura de llenado del producto, el espacio libre del envase, el vacío en el envase, la temperatura de proceso y el aire atrapado en el producto, pueden afectar la sobrepresión requerida. Consecuentemente, el control de estos factores; como el espacio de cabeza, es más crítico que en el caso de factores están interrelacionados y puede ser que necesiten ser controlados para procesar adecuadamente un tipo particular de envase.

15. NIVEL DEL AGUA

En las autoclaves que requieren de la inmersión total de los envases en agua, el nivel de agua debe ser revisado y registrado periódicamente para garantizar que los envases permanecen cubiertos por el agua de proceso. Si el nivel del agua de procesamiento baja por debajo de la capa superior de los envases, el operador debe anotar el nivel de agua mínimo. Aquellos envases que fueron expuestos a la atmósfera por encima del agua, deberán ser segregados cuando se descarguen los canastos. No se debe agregar agua a la autoclave a menos que la práctica sea recomendada por una autoridad de proceso. Esta situación siempre se considera una desviación de proceso, y los envases segregados deben manejarse consecuentemente.

16. TEMPERATURA INICIAL

Deberá determinarse la temperatura inicial del envase más frío en la autoclave en el momento en que empieza el ciclo de esterilización. Cuando se usa agua como medio de procesamiento, la temperatura inicial que se usa para la selección del proceso es la temperatura inicial del producto o la temperatura del agua al comienzo del proceso (la que sea más baja). Los detalles de cómo determinar la temperatura inicial se discuten en la sección sobre “Instrumentación, Equipo y Operación del Cuarto de Proceso”.

17. MEDICION DEL TIEMPO DE PROCESO

La medición del tiempo de un proceso no empezará hasta que se observe en el dispositivo indicador de temperatura (termómetro de mercurio en vidrio) la temperatura de autoclave programada, y hasta que los procedimientos operacionales de autoclave requeridos hayan sido completados. Deberán usarse aparatos exactos de medición de tiempo al registrar la información del tiempo de proceso. Información pertinente se encuentra en “Instrumentación, Equipo y Operación del Cuarto de Proceso”.

18. REQUERIMIENTOS DE REGISTRO

Todos los factores críticos especificados en el proceso programado deberán medirse y registrarse a intervalos con frecuencia suficiente para asegurar que los factores están dentro de los límites especificados del proceso programado. Estos intervalos no deben exceder 15 minutos. Además de los requisitos generales para los registros señalados en la sección 6, “Registros para la Protección del Producto”, los registros escritos para autoclaves que usan sobrepresión deberán incluir la hora a la que se abre el vapor, hora a la que empieza el proceso, sobrepresión, velocidad de circulación del agua o nivel del agua si estos son factores críticos.

19. RESUMEN

El procesamiento con sobrepresión es necesario para envases flexibles, semi-rígidos o rígidos cuando estos envases o sus sellos podrían dañarse en sistema simples de procesamiento con vapor.

La presión apropiada deberá controlarse por medio de una unidad automática de control de presión.

La temperatura en la autoclave se controla independientemente de la presión. Deberá proporcionarse algún medio para asegurar una distribución de calor adecuada dentro de la autoclave durante el procesamiento.

Cuando se procesa en agua, habrá una forma de determinar el nivel del agua durante la operación.