



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TESIS DE GRADO

PREVIA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO.

TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOCLAVE CON MANDO AUTOMÁTICO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CEYPSA) LATACUNGA-COTOPAXI 2011.”

AUTORES:

Guagchinga Santo Edgar Paúl

Pozo Sánchez Edison Santiago

DIRECTOR:

Ing. MS C. Medardo Ulloa.

ASESOR:

Ing. Segundo Cevallos

Latacunga – Ecuador

2011

CERTIFICACION

Msc. Medardo Ulloa, en calidad de DIRECTOR DE TESIS y cumpliendo con lo estipulado en el capítulo IV (art. 9 literal f), del reglamento del curso profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, informo y certifico que los postulantes, Guagchinga Santo Edgar Paúl y Pozo Sánchez Edison Santiago, han desarrollado su tesis de grado de acuerdo al planteamiento formulado en el plan de tesis con el tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOCLAVE CON MANDO AUTOMÁTICO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS, EN LA CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI, LATACUNGA-COTOPAXI 2011, cumpliendo sus objetivos respectivos.



Ing. Msc. Medardo Ulloa

Director de Tesis

AVAL DE TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

En nuestra calidad de Miembros del Tribunal de la Defensa de Tesis Titulada **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOCLAVE CON MANDO AUTOMÁTICO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CEYPSA) LATACUNGA-COTOPAXI 2011.”** de Autoría de los postulantes Edison Santiago Pozo Sánchez y Edgar Paúl Guagchinga Santo; Ingenieros de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica CIYA-UTC. Certifico que se han realizado las correcciones sugeridas al mismo; por lo que se encuentran aptos para empastar la tesis.


Es todo cuánto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,


Ing. Joselo Otañez
Presidente


Ing. Edwin Moreano
Miembro Interno


Ing. Santiago Morales
Miembro Externo


Ing. Raúl Reinoso
Opositor

Latacunga, 25 de mayo del 2011.

CERTIFICADO

MSc. Patricia Mena, en calidad de docente de inglés de la Universidad Técnica de Cotopaxi, tengo a bien **CERTIFICAR** que los egresados Pozo Sánchez Edison Santiago y Guagchinga Santo Edgar Paúl con CI. 0503047979 y 050229614-8 respectivamente, han realizado la debida revisión y corrección del resumen (summary) de la tesis de grado con el tema:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOCLAVE CON MANDO AUTOMÁTICO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CEYPSA) LATACUNGA-COTOPAXI 2011.”

Por tal motivo los peticionarios pueden hacer uso del presente certificado para la presentación del mencionado trabajo de investigación.



MSc. Patricia Mena

CI. 0501574297

Profesora

AUTORÍA

Los escritores Edgar Paúl Guagchinga Santo y Edison Santiago Pozo Sánchez, libre y voluntariamente legitiman la investigación, redacción y propuesta del presente trabajo, titulado “Diseño y construcción de una autoclave con mando automático para la esterilización de productos alimenticios enlatados en la Carrera de Ingeniería Agroindustrial de la UTC (CEYPSA) Latacunga-Cotopaxi 2011.” son de su exclusiva autoría.



Egrdo. Paúl Guagchinga

050229614-8



Egrdo. Edison Pozo

050304797-9

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis más sinceros agradecimientos:

- A todas aquellas personas que estuvieron colaborando en la realización de este proyecto, amigos, compañeros, profesores.
- A todos mis familiares a mi Padre, hermanos, cuñadas, y sobrinos que me han brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida para levantarme el ánimo y continuar el camino.
- A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por darme la oportunidad de obtener un título profesional

Paúl G.

- A Dios por darme la vida, salud y fuerzas para continuar adelante en las circunstancias que se presentan en el diario vivir.
- A mi madre por ser el mejor ejemplo que puedo tomar en la vida, esfuerzo de superación y lucha ante las circunstancias difíciles. Por haberme dado la oportunidad de salir adelante en la educación mediante su esfuerzo.
- A mis hermanos por su paciencia y ayuda incondicional en todo lo que se ha ofrecido en el largo trayecto de mi vida.

Santiago Pozo

DEDICATORIA

- Este logro lo dedico a la única persona que llevo siempre en mi mente y en mi corazón y en la cual pienso cuando se presentan situaciones difíciles o adversas, ella represente la fuerza y ganas, para levantar la cabeza y seguir cumpliendo mis sueños.

Paúl G.

- A Dios por sobre todas las cosas, por su amor incondicional en todo momento.
- A mi familia por su grande apoyo en toda la carrera, porque sin ellos no hubiera sido posible el culminarla

Santiago Pozo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AUTORÍA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	XI
RESUMEN	XIV
SUMMARY	XVI
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPÍTULO I	1
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1. ESTERILIZACIÓN.....	1
1.2. PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS.....	2
1.2.1 Proceso de Enlatados de los Alimentos.....	3
1.3. ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVES.....	4
1.4. AUTOCLAVE.....	6
1.4.1 Principales partes de una Autoclave.....	6
1.4.2 Proceso de Funcionamiento.....	7
1.4.2.1 Fase de Purgado.-.....	8
1.4.2.2 Fase de Esterilización.-.....	8
1.4.2.3 Fase de Descarga.-.....	8
1.5. VAPOR SATURADO PARA LA ESTERILIZACIÓN	8
1.6. DESCRIPCIONES GENERALES SOBRE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN.....	9
1.6.1 Presión de Operación (Po).....	10
1.6.2 Presión de Diseño (<i>Pd</i>).....	10
1.6.3 Presión de Trabajo Máxima Permisible.....	10
1.6.4 Esfuerzo de Diseño a la Tensión (S).....	11

1.6.5	Eficiencia de las Soldaduras (E).....	11
1.6.6	Materiales en Recipientes a Presión	11
1.6.6.1	Tipos de aceros y sus propiedades.....	11
	a. Aceros al carbón:	12
	b. Aceros de baja aleación:	12
	c. Aceros de alta aleación:	12
	d. Materiales no ferrosos:.....	13
1.6.6.2	Clasificación de los aceros inoxidable según su estructura.	13
	a. Aceros Austeníticos.	13
	1. Aceros Austeníticos al (Cr-Mn-Ni) Cromo-Manganeso-Níquel: ...	14
	2. Aceros Austeníticos al (Cr-Ni) Cromo-Níquel:	14
	b. Aceros Ferríticos.....	15
	c. Aceros martensíticos.....	16
1.6.7	Propiedades y Requisitos que deben tener los Materiales para Satisfacer las Condiciones de Servicio.....	17
1.6.7.1	Propiedades mecánicas.....	17
1.6.7.2	Propiedades físicas.....	17
1.6.7.3	Propiedades químicas.....	17
1.6.7.4	Soldabilidad.....	18
1.7.	NORMAS Y CÓDIGOS PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN (AUTOCLAVE).....	19
1.7.1	Breve Historia del Código A.S.M.E.	19
1.8.	DESCRIPCIONES GENERALES SOBRE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	21
1.8.1	Sensores de Temperatura.....	21
1.8.1.1	Termocupla.....	21
1.8.2	Control de Temperatura Digital.....	23
1.8.3	LOGO.....	23
1.8.4	Electroválvulas de Vapor.....	25
1.8.5	Trampas de Vapor.....	26
1.8.6	Dispositivo de Seguridad en Recipientes a Presión.....	27
1.8.6.1	Válvula de Desahogo (alivio).....	27
1.8.6.2	Interruptor de presión (Presostato).....	28
1.8.7	Elementos Finales de Control.....	29
1.8.7.1	Válvulas de Bola.....	30
1.8.8	Indicadores de Presión.....	31

CAPÍTULO II.....	33
MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	33
INTRODUCCIÓN.....	33
2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	33
2.2. METODOLOGÍA.....	34
2.2.1 Métodos.....	34
2.2.2 TÉCNICAS.....	35
2.2.2.1 Técnica de pruebas previas.....	36
a. Control de dimensionamiento.....	36
b. Control de elementos utilizados.....	36
c. Pruebas de funcionamiento.....	36
2.3. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO.....	37
CAPÍTULO III.....	39
INGENIERÍA DE DISEÑO.....	39
INTRODUCCIÓN.....	39
3.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A CONSTRUIR.....	40
3.2. DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO.....	40
3.2.1 Forma, Dimensiones y Diseño del Cesto.....	42
3.2.2 Forma, Dimensiones de la Autoclave:.....	44
3.2.2.1 Forma:.....	44
3.2.2.2 Dimensiones.....	45
3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	46
3.3.1 Acero Inoxidable AISI 304.....	46
3.4. RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL VAPOR SATURADO.	48
3.4.1 Presión de Diseño.....	49
3.4.2 Temperatura de Diseño.....	50
3.5. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOCLAVE.....	50
3.5.1 Diseño Mecánico.....	50
3.5.1.1 Diseño del cuerpo de la autoclave (casco).....	50
a. Espesor de diseño de la autoclave.....	51
3.5.1.2 Selección de tapas.....	53
3.5.1.3 Diseño de tapas Torisfericas.....	55

a.	Espesor de diseño en tapas.....	55
3.5.1.4	Selección de la brida.....	59
a.	Cálculo de resistencia de la brida.....	60
3.5.1.5	Selección de empaques.....	62
3.5.2	Cálculo de fuerza de soporte de pernos en la tapa delantera.....	64
3.5.3	Cálculo del peso del acero en la autoclave.....	67
3.5.3.1	Peso en el cuerpo del cilindro (casco).....	67
3.5.3.2	Peso en las tapas.....	68
3.5.3.3	Peso de las bridas:.....	69
3.5.3.4	Cálculo del peso de los agujeros en las bridas:.....	71
3.5.4	Cálculo Termodinámico.....	72
3.5.4.1	Cálculo de la masa del vapor en el cilindro.....	72
3.5.4.2	Balance de energía.....	73
a.	Calor disperso en el casco.....	73
b.	Calor disperso en tapas:.....	76
c.	Calor disperso en bridas:.....	77
3.5.4.3	Calor necesario para calentar el producto alimenticio enlatado.....	79
3.5.4.4	Calor necesario para calentar el acero de la autoclave.....	80
3.5.4.5	Cantidad de calor necesario para realizar una esterilización.....	80
3.5.4.6	Cálculo de la cantidad de vapor por esterilización.....	81
3.5.5	Diseño eléctrico para el funcionamiento automático de la autoclave.....	83
3.5.5.1	Descripción de funcionamiento:.....	83
3.5.5.2	Diseño del circuito eléctrico.....	85
3.5.5.3	Descripción de elementos eléctricos a utilizarse.....	85
3.5.5.4	Programación en el software LOGO SOFT COMFORT 6.1:.....	87
a.	Detalle del programa logo:.....	88
3.5.5.5	Controlador de temperatura.....	90
3.5.5.6	Plano eléctrico del mando automático de la autoclave.....	93
3.5.5.7	Funcionamiento:.....	95
CAPÍTULO IV.....		96
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		96
4.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	96
4.1.1	Máquinas y Equipos.....	96
4.1.2	Herramientas.....	97
4.1.3	Instrumentos de Medición.....	97
4.1.4	Materia prima.....	97
4.1.5	Elementos normalizados y seleccionados mecánicos.....	97
4.1.6	Listado de elementos que se construyeron.....	98

4.1.7	Elementos eléctricos utilizados en el control eléctrico.....	98
4.2.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	98
4.3.1	Pruebas de Funcionamiento.....	98
4.3.1.1	Procedimiento de pruebas.....	99
4.3.	RESUMEN DE COSTOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO DE LA TESIS.....	103
	GASTOS DE OFICINA.....	104
	GASTOS DE MANO DE OBRA.....	104
	CONCLUSIONES.....	105
	RECOMENDACIONES.....	106
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	ENVASE DE HOJALATA.....	3
FIGURA N° 2	PARTES PRINCIPALES DE UNA AUTOCLAVE VERTICAL.....	7
FIGURA N° 3	TÉRMOCUPLA.....	21
FIGURA N° 4	CONTROL DE TEMPERATURA.....	23
FIGURA N° 5	LOGO (MINI AUTÓMATA PROGRAMABLE).....	24
FIGURA N° 6	ELECTROVÁLVULAS DE VAPOR.....	25
FIGURA N° 7	TRAMPA DE VAPOR.....	26
FIGURA N° 8	VÁLVULA DE DESAHOGO (ALIVIO).....	27
FIGURA N° 9	PRESOSTATO.....	29
FIGURA N° 10	VÁLVULA DE BOLA.....	30
FIGURA N° 11	MANOMETRO ESTANDAR, BOURDON.....	31
FIGURA N° 12	MANOMETRO.....	32

FIGURA N° 13 DIMENSIONES DEL ENLATADO.....	41
FIGURA N° 14 DIMENSIONES DEL LOS ENLATADOS.....	41
FIGURA N° 15 DIMENSIONES DEL CESTO.....	44
FIGURA N° 16 DIMENSIONES DEL CUERPO DE LA AUTOCLAVE.....	45
FIGURA N° 17 TAPA TORISFÉRICA.....	55
FIGURA N° 18 TAPA TORISFÉRICA DE DISEÑO CON SUS DIMENSIONES.....	56
FIGURA N° 19 DISEÑO DE LA TAPA DELANTERA.....	59
FIGURA N° 20 BRIDA DE JUNTA DE ANILLO.....	60
FIGURA N° 21 PERNO DE ACERO CLASE SAE.....	64
FIGURA N° 22 DIMENSIONES DEL CUERPO (CASCO) DE LA AUTOCLAVE.....	67
FIGURA N° 23 DIMENSIONES DE LA BRIDA.....	70
FIGURA N° 24 DIMENSIONES DE LOS AGUJEROS EN LA BRIDA.....	71
FIGURA N° 25 REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL CASCO DE LA AUTOCLAVE.....	74
FIGURA N° 26 CASCO DE LA AUTOCLAVE.....	74
FIGURA N° 27 TAPA DE LA AUTOCLAVE.....	76
FIGURA N° 28 BRIDA DEL CUERPO Y TAPA.....	78
FIGURA N° 29 ESQUEMA DE TUBERÍAS PARA INGRESO DE VAPOR A LA AUTOCLAVE.....	84
FIGURA N° 30 PROGRAMA DE DISEÑO DEL LOGO PARA CONTROL AUTOMÁTICO DE LA AUTOCLAVE.....	87
FIGURA N° 31 CONTACTOS DE CONEXIÓN DEL CONTROLADOR SHIMADEN.....	92
FIGURA N° 32 ESQUEMA ELÉCTRICO.....	94
FIGURA N° 33 PANEL DE CONTROL.....	95
FIGURA N° 34 RESULTADO DEL CONTROL DE PRESIÓN.....	100
FIGURA N° 35 RESULTADO DEL CONTROL DE TEMPERATURA.....	100
FIGURA N° 36 TABLA DE RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 CONDICIONES PRESIÓN Y TEMPERATURA MÁS FRECUENTES UTILIZADAS EN LOS AUTOCLAVES	5
TABLA N° 2 CONTENIDO DEL CÓDIGO A.S.M.E.....	20
TABLA N° 3 CLASIFICACION DE LAS TERMOCUPLAS.....	22
TABLA N° 4 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO AISI 304.....	47
TABLA N° 5 TIPOS DE ACEROS Y SUS PROPIEDADES.....	47
TABLA N° 6 EXTRACTO DE LA TABLA DE LA RELACIÓN PRESIÓN- TEMPERATURA).....	48
TABLA N° 7 EXTRACTO 1 DE LA TABLA DE PROPIEDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES	51
TABLA N° 8 TIPOS DE TAPAS Y DESCRIPCIONES	54
TABLA N° 9 VALORES DEL FACTOR “M”	57
TABLA N° 10 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI 304.....	61
TABLA N° 11 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (O-RING).....	63
TABLA N° 12 TABLA DE VALORES DE PERNOS DE ACERO GRADO SAE, COMPOSICIÓN Y ESFUERZO DE RUPTURA.....	66
TABLA N° 13 EXTRACTO DE LA TABLA DE REPRESENTACIÓN DE PESO DE CASCO Y CABEZAS SEGÚN EL DIÁMETRO DEL RECIPIENTE, PARA ACEROS INOXIDABLES.....	68
TABLA N° 14 LÓGICA DE LA FUNCIÓN AND.....	89
TABLA N° 15 LÓGICA DE LA FUNCIÓN OR.....	90
TABLA N°15 GASTOS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN. ..	104

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA AUTOCLAVE	125
---	-----

ANEXO 2	AUTOCLAVE DISEÑADO EN 3D.....	125
ANEXO 3	VISTAS DE LA AUTOCLAVE: POSTERIOR, FRONTAL, LATERAL DERECHA E IZQUIERDA RESPECTIVAMENTE ...	126
ANEXO 4	DESPIECE DE LA AUTOCLAVE.....	127
ANEXO 5	DIMENSIONAMIENTO DE LA AUTOCLAVE (DIÁMETRO DE CUERPO, ESPESOR Y MEDIDA DE BASE).....	128
ANEXO 6	DIMENSIONAMIENTO DEL CUERPO	129
ANEXO 7	DIMENSIONAMIENTO DE LA TAPA DELANTERA Y BRIDA ADHERIDA AL CUERPO.....	130
ANEXO 8	DIMENSIONES DE LA TAPA DELANTERA Y TUERCAS CON PERNOS	131
ANEXO 9	DIMENSIONAMIENTO DE LA TAPA TRASCERA.....	132
ANEXO 11	FOTOGRAFÍAS DE CONSTRUCCIÓN	134
ANEXO 12	FOTOGRAFIAS DE PRUEBAS	137
ANEXO 13	TEMPERATURAS Y PRESIONES DEL VAPOR SATURADO .	139
ANEXO 14	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA LONGITUDINAL DEL ACERO	140
ANEXO 15	DENSIDAD DE ALGUNAS SUSTANCIAS.....	140
ANEXO 16	NOMENCLATURA DE LOS ACEROS.....	141
ANEXO 17	VALORES DEL FACTOR “M”	141
ANEXO 19	GRÁFICOS DE LOS TIPOS DE TAPAS	143
ANEXO 20	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	144
ANEXO 21	CUADROS DE RESULTADOS DE PRUEBAS	145
ANEXO 22	PROPIEDADES FÍSICAS. DE LOS ACEROS	146
ANEXO 24	TABLA DE CÁLCULO DE CONVERCION DE UNIDADES	147
ANEXO 25	TABLA DE UNIDADES DE PRESIÓN	147
ANEXO 26	TABLAS TÉCNICAS RELACIÓN PRESIÓN TEMPERATURA VAPOR SATURADO	148
ANEXO 27	PROPIEDADES DE LOS METALES – ACERO INOXIDABLE	149
ANEXO 28	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (O-RING)	150

ANEXO 29	REPRESENTACIÓN DE PESO DE CASCO Y CABEZAS SEGÚN EL DIÁMETRO DEL RECIPIENTE, PARA ACEROS INOXIDABLES.....	151
ANEXO 30	PROPIEDADES DE LOS METALES.....	152
ANEXO 31	EQUIVALENTES DE PRESIÓN.....	153

RESUMEN

El presente proyecto consistió en el “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA AUTOCLAVE CON MANDO AUTOMÁTICO PARA LA ESTERILIZACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS, EN LA CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (CEYPSA) LATACUNGA-COTOPAXI 2011.” y tiene como base el diseñar y construir una Autoclave con criterios de ingeniería para que funcione eficientemente y esté acorde con las demandas requeridas por la Carrera antes mencionada, garantizando de esta manera el buen desenvolvimiento de sus actividades. Todo lo anterior se encuentra enmarcado en la realización de lo que es el trabajo de grado, este proyecto se desarrolló con la aplicación de conocimientos adquiridos durante la vida estudiantil

El trabajo involucra el tipo de máquina a construirse, la selección del material, la forma del recipiente tanto tapas como el cuerpo y la base, el tipo de control eléctrico a utilizarse para su funcionamiento, la normativa de seguridad que se toma en cuenta cuando se relaciona a recipientes a presión, y la comprobación de que la máquina funciona de acuerdo a los parámetros establecidos.

Este equipo está diseñado para que funcione en forma automática, tanto en tiempos y temperaturas de esterilización. El medio calefactor para poder trabajar el equipo es vapor saturado que proviene de una caldera de vapor con una presión mínima de 50 psi.

El recipiente ha sido diseñado para trabajar a una presión de hasta 70 psi y una temperatura de hasta 275 °F, estas condiciones son tomadas en los cálculos como presión y temperatura de diseño. La cantidad de calor requerida para realizar una

esterilización con dieciocho envases de 500 gr. de enlatados es de 881.81 BTU y la masa de vapor requerida será de 0.75 lbs. /h

La máquina diseñada depende para su funcionamiento de una caldera de vapor, también necesita de conexión de las tuberías de vapor para ingresar y salir el vapor de acuerdo al diseño realizado en la tesis.

SUMMARY

The present project is the "DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTOCLAVE WITH AUTOMATIC CONTROL FOR STERILIZATION OF CANNED FOOD IN THE AGRO-INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER OF THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY (CEYPSA) LATACUNGA-COTOPAXI 2011" and this is based on the Autoclave design and builds with engineering criteria for the function efficiently and this is commensurate with the demands required by the career, thus guaranteeing the proper development of its activities. The foregoing is framed in the realization of the thesis; this project is development with the application of knowledge acquired during student life.

The work involves the type of machine to be built, selection of material, the shape of the vessel, covers, body and base, the type of electrical control used for its operation, the safety regulations that is taken into account when relating pressure vessels and the checking that the machine operates according to established parameters.

This equipment is designed to operate automatically, in times and temperatures of sterilization. The heating medium to work the equipment, it is saturated steam from a steam boiler with a minimum pressure of 50 psi.

The container is designed to operate at a pressure of 70 psi and temperatures up to 275 ° F, these conditions are taken in calculations as pressure and temperature design. The amount of heat required for sterilization with eighteen packages of 500 gr. of cans is 881.81 BTU and the vapor mass required will be 0.75 lbs. / h

The machine designed depends for its operation of a steam boiler, also needs connection of steam lines to enter and exit the steam according to the design made in the thesis.

INTRODUCCIÓN

La tecnología en estos tiempos ha tenido una gran trascendencia gracias al trabajo y diseños de modelos como: invenciones, prototipos, equipos, herramientas, nuevos productos y procesos, sistemas de producción, calidad, información y control, métodos de trabajo, planos de especificaciones, instalaciones, plantas industriales y administración de la tecnología, por tal razón hay que aprovechar al máximo, con el propósito de obtener un producto de calidad que satisfaga al consumidor y tenga gran acogida en el mercado.

La industria alimentaria es la parte de la industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. El progreso de esta industria nos ha afectado en la actualidad en lo que se refiere con la alimentación cotidiana, aumentando el número de posibles alimentos disponibles en la dieta.

En el proceso de producción de enlatados se requiere varios pasos para cumplir su cometido: selección del alimento a enlatarse, enlatado del alimento en hojalata, precalentamiento y esterilización.

Para nuestro estudio nos enfocaremos directamente a la esterilización, siendo un proceso de conservación de alimentos consistente en exponer el producto a tratar a una temperatura elevada, por sobre los 100°C (generalmente 110-115°C), y durante el tiempo suficiente para asegurar que se destruyen los enzimas y los microorganismos así como sus formas de resistencia (esporas). El tratamiento se realiza en aparatos a presión llamados autoclaves. Existen varios procedimientos de Esterilización, los más extendidos son: a base de vapor (de agua) o también llamado calor húmedo. El calor húmedo en la forma de vapor saturado bajo

presión, es el medio más confiable conocido, para la destrucción de todas las formas de vida microbial. El poder destructor de microbios está compuesto de dos factores, los cuales son ambos esenciales: humedad y calor.

La autoclave es un recipiente diseñado para soportar presión interna de vapor, la presión y la temperatura tiene una relación proporcional, a más temperatura mayor presión. Normalmente al esterilizar enlatados, se requiere temperaturas hasta los 134 °C, razón por lo cuál existirá presiones bajas de acuerdo a las tablas de relación presión temperatura del vapor saturado, por ejemplo: en 135.88 °C – 3.213 bar. El recipiente debe estar muy bien diseñado para asegurar que resista la presión requerida para elevar la temperatura deseada, el material a utilizarse deberá cumplir con los requisitos de diseño y aplicación.

El presente trabajo consta de cuatro capítulos. En el primero, se define y se detallan los conceptos fundamentales relacionados con el desarrollo de este trabajo de investigación como son: productos alimentos enlatados, esterilización en autoclaves, partes principales de una autoclave y los principales materiales y elementos para la construcción del equipo.

En el segundo se define el tipo de investigación que se utilizó así como el método que se usó para la recopilación de información de autoclaves que ayudando a la elaboración de un modelo teórico del sistema requerido a través de las técnicas para definir los datos.

El siguiente capítulo se presenta el análisis de datos describiendo el equipo a construirse a través de las especificaciones, selección de accesorios y cálculo para el diseño y construcción, además de la programación y la integración del sistema de control automático. El sistema automático para controlar el funcionamiento de la autoclave es muy importante ya que no se necesita de operadores.

El cuarto y último capítulo incluye todo el diseño y construcción del proyecto, se detallan los resultados mostrados en este trabajo, además se corrobora el buen funcionamiento de los controles.

Así, la autoclave se conforma por un cuerpo de forma general cilíndrica, presentando la puerta por uno de sus lados, y en su base está provista de un panel de control para el control automático de presión-temperatura de todo el sistema pudiendo observar directamente las variaciones de control.

Palabras claves: Diseño, construcción, autoclave, resistencia de materiales, termodinámica, transferencia de calor, presión, temperatura, etc.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El proceso de fabricación de enlatados consta de varios pasos para realizarlo: la elección del producto a enlatar, el tipo de latón para sellar, el enlatado, la esterilización del producto, el etiquetado y empaque correspondiente.

La esterilización es un proceso importante que se debe realizar para que el producto se conserve cierto tiempo enlatado sin que se descomponga, gracias a que el producto se eleva a alta temperatura destruyendo las bacterias y microorganismos que son responsables de la descomposición de la materia orgánica.

La autoclave es la máquina donde se realiza la esterilización, se eleva la temperatura interna gracias al vapor saturado que se le ingresa a la cámara, este calor se le somete al alimento a cierto tiempo.

1.1. ESTERILIZACIÓN

La esterilización en lo que se refiere a los productos alimenticios enlatados consiste en eliminar todos los agentes microbianos existentes en el mismo a través de un equipo de esterilización llamado autoclave. Esta autoclave nos permite elevar la temperatura interna gracias a la presión de vapor saturado que se le somete ya sea de forma externa o internamente a través de la evaporación de agua.

LIBONATI M. 2006 señala que “La esterilización es un proceso térmico a altísima temperatura más de 121°C que tiene por objetivo eliminar esporas de los alimentos”. (Pág. 25)

ACOSTA S. 2008, define que “Es un conjunto de operaciones destinados a eliminar y matar todas las formas de seres vivientes contenidos en un objeto o sustancia, todo artículo crítico debe ser sometido a algún método de esterilización de acuerdo a su compatibilidad” (Pág. 77).

FUNDACIÓN EROSKY, en su publicación “Alimentos tratados por el calor” 2003 señala que, “Es un proceso en el cuál se somete al alimento a temperaturas de entre 115 y 127 °C. Para alcanzarlas, se utilizan autoclaves o esterilizadores, el proceso se debe mantener un cierto tiempo en algunos alimentos, hasta 20 minutos”. (Pág. 25)

Nosotros para nuestro criterio, definimos que la esterilización de alimentos consiste en someter un alimento a una temperatura entre 100 y 132 °C en un recipiente capaz de generar o almacenar esta cantidad de calor, el objetivo eliminar las bacterias que son responsables del deterioro del alimento. La esterilización se la debería realizar por unos quince minutos, este tiempo para matar a las bacterias y no perder la calidad del alimento al exponerle demasiado tiempo a temperaturas elevadas.

1.2. PRODUCTOS ALIMENTICIOS ENLATADOS

Los productos alimenticios enlatados son alimentos envasados en un recipiente de hojalata, herméticamente cerrado, los cuales se someten a un proceso de calentamiento (esterilización o pasteurización), a unas condiciones de tiempo y

temperatura determinadas, para conservarlo, tan cerca como sea posible, a su estado natural, hasta el momento de consumirlo.

Primordialmente se requiere que:

- El recipiente, sea hermético, de tal manera que suponga una eficiente barrera que impida el paso de microorganismo gases y líquidos, evitando que el producto se descomponga.
- Resista las altas temperaturas (121°C) necesarias para su esterilización.
- Resista el maltrato del transporte.

Con lo que se ofrece que los alimentos enlatados sean nutritivos, duraderos y se pueden consumir fuera de temporada.

1.2.1 Proceso de Enlatados de los Alimentos

El proceso de enlatado se define como la conservación de los alimentos en recipientes cerrados, donde se usa generalmente un tratamiento térmico como factor primordial para prevenir las alteraciones, el recipiente común es la hojalata.

FIGURA N° 1
ENVASE DE HOJALATA



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

El enlatado es un excelente medio para conservar los alimentos en forma estable ya que protege las vitaminas, minerales y el sabor de los alimentos en un empaque fuerte y seguro.

Una vez que se ha enlatado el producto, es sometido a un proceso térmico de esterilización, en donde se manejan altas temperaturas (120-130 °C) en corto tiempo (< 30 minutos), este proceso inactiva las enzimas propias del alimento evitando la maduración y por lo tanto la pérdida de nutrimentos se detiene debido a la ausencia de oxígeno y del contacto del producto con el medio exterior (sustancias gaseosas, líquidas, sólidas o la misma luz).

En la actualidad el térmico es el procesamiento que hace posible la existencia de productos sanos de larga vida comercial, permitiendo que las conservas se puedan almacenar a temperatura ambiente garantizando su seguridad.

El procesamiento o tratamiento térmico que precisa cada alimento depende de la naturaleza de cada producto. Algunos sólo permiten ciertas temperaturas pues, de otro modo, provoca cambios en su aspecto y su sabor.

1.3. ESTERILIZACIÓN EN AUTOCLAVES.

Este método es la manera más frecuente en el procesado térmico de alimentos enlatados, para conseguir una esterilidad comercial se utiliza el vapor saturado a presión, el vapor es generado desde una caldera de presión de vapor de agua a cierta presión.

BOTTA R. 2004. Afirma que “Cuanto mayor sea la presión en el interior de una autoclave, mayor será la temperatura a la que el vapor condensa las paredes externas de la lata”.

Esta información está disponible en “Tecnología de esterilización de enlatados” pdf, Pág. 5

En cambio la empresa MEDICAL HEALTH STORE, S. A. DE C. V. manifiesta que “La esterilización mediante Autoclaves con vapor saturado es el método universal más utilizado, aplicable a todos aquellos artículos que puedan soportar el calor y la humedad”.

Las condiciones de presión y temperatura que se utilizan con mayor frecuencia en las autoclaves se muestran en la (Tabla1)

TABLA N° 1
CONDICIONES PRESIÓN Y TEMPERATURA MÁS FRECUENTES UTILIZADAS EN LOS
AUTOCLAVES

Atmósferas	Temperatura de condensación (°C)
0	100
½	112
1	120
1 ½	128
2	135

FUENTE: (<http://www.esterilizacion-laboratorio.shtml>)

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Ventajas de la esterilización en Autoclaves:

- Calentamiento y penetración rápida.
- La destrucción de las esporas bacteriales más resistentes en un breve intervalo de exposición.
- El control fácil de la calidad y letalidad para los materiales y suministros.
- No deja residuo tóxico en los materiales después del proceso de esterilización.
- Son seguras, ya que las autoclaves cuentan con medidores de Presión, Temperatura.

1.4. AUTOCLAVE.

Una autoclave es un recipiente hermético fabricado para soportar altas presiones y altas temperaturas, se utiliza para la esterilización comercial de envases de vidrio y metálicos generalmente para el sector de la alimentación aunque también se usan en laboratorios de análisis clínicos y bacteriológicos.

LA EMPRESA ARGENTINA CIDI & ASOCIADOS, Define a una Autoclave como “Un equipo para esterilización por vapor o agua con sobrepresión, de todo material y envase que soporte las condiciones de temperatura y presión del mismo”.

Desde la perspectiva de SOULE C. (2006). Expone que “Las autoclaves utilizadas por la industria conservera de alimentos generalmente utilizan vapor saturado como medio calefactor, el cual es generado externamente en una caldera”.

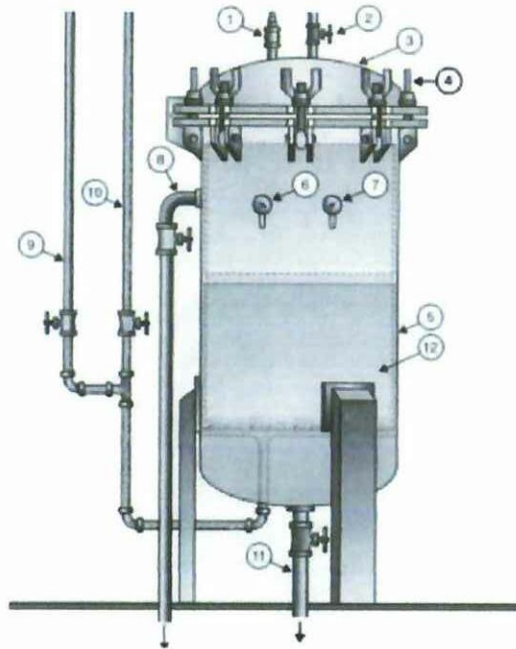
Esto implica entre otras cosas disponer, de una caldera, de un equipo para el tratamiento de agua, de líneas de vapor y de personal capacitado para operar equipos a presión.

1.4.1 Principales partes de una Autoclave.

Las autoclaves son de formas diferentes y sus modelos varían de acuerdo al fabricante, los elementos que lo integran son de vital importancia para que funcione de una forma segura y correcta.

Según AMERLING C. (2000; Pág. 88,89) una autoclave consta de las siguientes partes (Fig. 2) tomando en cuenta que el diseño es una autoclave en forma vertical.

FIGURA N° 2
PARTES PRINCIPALES DE UNA AUTOCLAVE VERTICAL



FUENTE: TECNOLOGÍA DE LA CARNE "CAROLINA AMERLING" PÁG. 88, 89

1. Válvula de seguridad	7. Termómetro
2. Válvula de evacuación	8. Descarga de agua
3. Tapa	9. Entrada de agua
4. Pernos	10. Entrada de vapor
5. Cuerpo de la autoclave	11. Descarga total
6. Manómetro	12. Canastilla

1.4.2 Proceso de Funcionamiento.

El proceso completo de esterilización en una autoclave se compone de diferentes fases: QUIMINET (2007) señala tres fases como las más importantes y determinantes.

1.4.2.1 Fase de Purgado.-

A medida que se introduce vapor en la cámara de esterilización desplaza el aire, haciéndolo salir por la válvula de purgado que está abierta. Esta fase termina cuando se alcanza la temperatura de esterilización.

1.4.2.2 Fase de Esterilización.-

Una vez cerrada la válvula de purgado, alcanza la temperatura de esterilización previamente seleccionada se inicia el proceso de esterilización.

1.4.2.3 Fase de Descarga.-

Terminado el proceso de esterilización, deja de producirse vapor y la presión y temperatura en la cámara de esterilización empiezan a bajar poco a poco.

1.5. VAPOR SATURADO PARA LA ESTERILIZACIÓN

El esterilizador de vapor trabaja con vapor saturado, que llena el interior del aparato en cual se encuentran los materiales que son esterilizados.

El vapor desplaza completamente el aire en la autoclave, de ese modo no se condensa ninguna gota de agua, todo el ambiente interior del esterilizador tiene la misma temperatura.

El primer esterilizador a vapor fue una olla a presión con su válvula que permite la salida del aire. El vapor saturado es parecido al aire con un 100% de humedad relativa. Si el vapor saturado es enfriado, el agua se condensará y se transformará en líquido.

RIVEROS S. (2000) manifiesta que “El vapor saturado tiene otra propiedad importante, la presión ejercida por el vapor saturado es constante para una determinada temperatura y va a variar en directa relación con esta temperatura; esto es, a mayor temperatura habrá mayor presión y viceversa”. Cuando un esterilizador está en operación, uno debe controlar la temperatura en la cámara del esterilizador y el manómetro de presión.

La presión absoluta se expresa en libras por pulgada cuadrada (psia) que se refiere a la lectura de la presión de vapor en relación a un vacío perfecto y que ocurre dentro de la cámara de esterilización. La presión indicada en el manómetro es la presión del manómetro, no la presión absoluta. La presión del manómetro (psig) es igual a la presión absoluta menos la presión atmosférica o presión barométrica.

$$P_{sig} = P_{sia} - P_{atmosférica}$$

(VER ANEXO 1) Temperaturas y presiones del vapor saturado.

1.6. DESCRIPCIONES GENERALES SOBRE RECIPIENTES SUJETOS A PRESIÓN.

LEÓN J. 2001. Señala que un recipiente a presión es “Una vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido o gas a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones. Los recipientes cilíndricos a que nos referimos, son calculados como cilindros de pared delgada”. (Pág. 10).

Los recipientes a presión son diseñados tomando en cuenta varios parámetros para su diseño, los cuales señalamos a continuación:

1.6.1 Presión de Operación (P_o)

Esta identificada como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.

Desde la perspectiva de MEGYESY E. (2000) define a la presión de operación en recipientes a presión como: “la presión que se requiere en el proceso del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente éste.” (Pág. 15).

1.6.2 Presión de Diseño (P_d)

La presión de diseño que se emplea para diseñar el recipiente, se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación,

Según LEÓN J. (2001; Pág. 10) describe “Que el valor que se debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constructivas de los recipientes sometidos a presión será si”

$$P_o > 300 \text{ lb/pulg}^2 ; P_d = 1.1 * P_o \quad (\text{ec. 1})$$

$$P_o \leq 300 \text{ lb/pulg}^2 ; P_d = P_o + 30 \text{ lb/pulg}^2 \quad (\text{ec. 2})$$

1.6.3 Presión de Trabajo Máxima Permisible

Es la presión máxima a la que se puede someter un recipiente, en condiciones de operación, varía de acuerdo a:

- Las condiciones después de haber sido corroído.

- Bajo los efectos de la temperatura de diseño.
- La posición normal de operación.
- Bajo los efectos de otras cargas, tales como fuerza debida al viento, presión hidrostática, etc., cuyos efectos deben agregarse a las ocasionadas por la presión interna.

1.6.4 Esfuerzo de Diseño a la Tensión (S)

Es el valor máximo al que podemos someter un material, que forma parte de un recipiente a presión, en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material a emplearse.

1.6.5 Eficiencia de las Soldaduras (E)

Se puede definir la eficiencia de las soldaduras, como el grado de confiabilidad que se puede tener de ellas. Sus valores están dados en la (EFICIENCIA DE LA SOLDADURA VER ANEXO 2) en la cual se muestran los tipos de unión más comúnmente usados en la fabricación de recipientes a presión.

1.6.6 Materiales en Recipientes a Presión

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual, necesitamos definir una secuencia lógica en la selección de éstos. Cabe hacer la aclaración que éste es un tema muy amplio y complejo, por lo cual, será difícil la selección adecuada de los materiales a usar en recipientes a presión.

1.6.6.1 Tipos de aceros y sus propiedades.

Debido a la existencia de diferentes tipos de aceros y materiales en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionarlos, ya que debe

considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad, requerimientos para procesos y operación, facilidad de formato, etc.

a. Aceros al carbón:

Según SCORZA. R. (2000). Se llama aceros al carbono aquellos que “Únicamente están formados por hierro y carbono, y en los que, si bien hay otros elementos, estas cantidades pequeñas que prácticamente no influyen en las propiedades de los mismos”.

Estos Aceros son los más disponibles y económicos de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas.

b. Aceros de baja aleación:

La revista MANUFACTURA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA (2002). Expone que estos aceros tienen un bajo contenido de (C) Carbono, (Ni) Níquel, (Cr) Cromo, etc., normalmente menos del 0.03% y se caracteriza por una microestructura que consiste de una ferrita de grano fino como una de las fases y una segunda fase dura de martensita y de austenita.

En general estas están fabricadas para cumplir condiciones de uso específicas. Son un poco más costosas que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón.

c. Aceros de alta aleación:

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

d. *Materiales no ferrosos:*

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

1.6.6.2 Clasificación de los aceros inoxidable según su estructura.

Según MOTT R, (2006). El termino acero inoxidable: Se caracteriza por tener alta resistencia a la corrosión que presentan las aleaciones, para clasificarla como aceros inoxidables la aleación debe tener un contenido mínimo de 10%. (Cr) Cromo. La mayor parte tiene de 12 a 18% de (Cr) Cromo. El AISI designa la mayor parte de los aceros inoxidables como serie 200, 300 y 400 (Pág. 3-11)

Entre las clasificaciones más consideradas en el sector de los aceros inoxidables se encuentran sin duda la (AISI) American Iron and Steel Institute [*Instituto Americano del Hierro y el Acero*] y la (SAE) Society of Automotive Engineers [*Sociedad de Ingenieros Automotrices*]. Según estas sociedades los aceros inoxidables se dividen en:

- Austeníticos
- Ferríticos
- Martensíticos.

a. *Aceros Austeníticos.*

Según PERE MOLERA, 2000. “Los aceros inoxidables que contienen más de un 7% de (Ni) Níquel se llaman austeníticos, ya que tienen una estructura formada básicamente por “austenita” a temperatura ambiente (él Ni es un elemento "gammágeno" que estabiliza el campo de la austenita)”.

Los aceros inoxidable más empleados son los austeníticos, pues, además de la resistencia a la corrosión y el calor, sus propiedades mecánicas son convenientes y su soldabilidad satisfactoria si están estabilizados con el (Ti) Titanio o (Nb) Niobio. Presenta excelente hechurabilidad.

1. Aceros Austeníticos al (Cr-Mn-Ni) Cromo-Manganeso-Níquel:

Destinado por un número de tres cifras que comienza con la cifra 2, conocidos como la serie de los “200” que se caracteriza por una alta resistencia mecánica, debida a la presencia del (S) Azufre y el (Mn) Manganeso, y las dos últimas cifras depende de otros elementos.

2. Aceros Austeníticos al (Cr-Ni) Cromo-Níquel:

Designados por un numero 3, serie de los “300”, que tiene como composición básica 12% y 18% de Ni, siendo la gama con más éxito a nivel comercial.

Los grados más utilizados, referidos generalmente como grados austeníticos estándares, son el (304 en denominación AISI) y (AISI 316). Estos aceros inoxidable contienen entre un 17-18% de (Cr).y un 8-11% de (Ni). El grado AISI 304 es adecuado en ambientes rurales, urbanos y ligeramente industriales, mientras que el AISI 316 es un grado más aleado y por tanto recomendable en ambientes marinos e industriales. Las versiones de estos mismos grados con bajo contenido en carbono son (AISI 304L) y (AISI 316L).

Propiedades de los aceros Austeníticos al (Cr-Ni)

- Su estructura es ausenítica a cualquier temperatura.
- Es el tipo de aceros son los más utilizados
- Son muy dúctiles y resistentes a la corrosión atmosférica, al agua de mar, al ataque de productos alimenticios, ciertos ácidos minerales y de la mayoría de los ácidos orgánicos.

Usos de los aceros Austeníticos al (Cr-Ni)

Este tipo de aceros son muy utilizados en:

- Construcción de equipos para la industria química y de la alimentación
- Utensilios de cocina y aparatos domésticos que no requieren soldaduras en las zonas sometidas a fuerte corrosión.
- Admite pulidos con acabados a espejo, por lo que también se usa para ornamentación.

b. Aceros Ferríticos.

Los aceros inoxidable que contienen solamente (Cr) Cromo se llaman ferríticos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán. Con porcentajes de (C) Carbono inferiores al 0,1%, estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico.

Propiedades de los aceros Ferríticos

- Su resistencia a la corrosión es superior a la de los martensíticos
- Su composición química está entre los 15-18% de (Cr) y una máxima de 0,12% de (C); 20-80% de (Cr) y una máxima de 0,35% de (C)
- Son difíciles de soldar y se usan en embutición profunda por su gran ductilidad.
- Son magnéticos.
- Es uno de los más comunes utilizados en la industria.
- A temperaturas elevadas presentan una resistencia menor que los aceros inoxidable martensíticos, pero su resistencia a la corrosión y formación de cascarilla es generalmente mayor.
- Pueden trabajarse tanto en frío como en caliente.

c. Aceros martensíticos.

AMORIM S. (2006). Expone que “Se llaman aceros inoxidables "martensíticos", por tener martensita estos aceros tienen entre 0,1% y 1% en (C) Carbono si son templables y en su estructura metalográfica”.

Propiedades de los aceros martensíticos:

- Éstos también son magnéticos.
- Tienen gran dureza cuando se los enfría rápidamente una vez que se han austenizados.
- Su composición química está entre los 12 - 14 % de (Cr), 0,20 – 0,50% de (C). Principalmente en cuchillería; 16-18% de (Cr), 0,60-1; 20% de (C).
- Por temple adquieren grandes durezas.
- El tipo normalizado es el AISI –311: acero inoxidable extra dulce.
- Son resiste al desgaste, a la corrosión atmosférica, al agua corriente y la de los ácidos y álcalis débiles.
- Son fácilmente sondables.

Usos de los aceros martensíticos:

Estos tipos de aceros son usados en:

- Utensilios domésticos,
- Grifería,
- Ornamentación,
- Cuchertería, etc.

Los Aceros Ferríticos y Martensíticos

Estos están designado por el número 4 que representa la familia “400” en (Serie AISI 400) Un acero con un 12% de (Cr) desarrollará una película de óxido

superficial al cabo de varias semanas de exposición a una atmósfera industrial para fines industriales se debe principalmente a las condiciones de resistencia a la oxidación., que las dos últimas cifras depende de otros tipos de elementos. (VER ANEXO 3 LA NOMENCLATURA DE LOS ACEROS)

1.6.7 Propiedades y Requisitos que deben tener los Materiales para Satisfacer las Condiciones de Servicio.

LEÓN J. (2001; Pág. 74-75) publica las propiedades que deben tener los materiales para satisfacer las condiciones de servicio estas son:

1.6.7.1 Propiedades mecánicas.

Al considerar las propiedades mecánicas del material, es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto punto de cadencia, por ciento de alargamiento alto y mínima reducción de área, con estas propiedades principalmente, se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

1.6.7.2 Propiedades físicas.

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

1.6.7.3 Propiedades químicas.

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión, es su resistencia a la

corrosión. Este factor es de muchísima importancia, ya que un material mal seleccionado nos causará múltiples problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- **Reposición del equipo corroído.** Un material que no sea resistente al ataque corrosivo, puede corroerse en poco tiempo de servicio.
- **Sobre diseño en las dimensiones.** Para materiales poco resistentes a la corrosión, es necesario dejar un excedente en los espesores, dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pesados, encarecen el diseño y además de no ser siempre la mejor solución.
- **Mantenimiento preventivo.** Para proteger a los equipos del medio ambiente corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
- **Paros debidos a la corrosión de los equipos.** Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión, necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica pérdidas en la producción.
- **Contaminación o pérdida del producto.** Cuando en los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, lo cual en algunos casos es costosísimo.
- **Daños a equipos adyacentes.** La destrucción de un recipiente a presión por corrosión, puede dañar los equipos con los que esté colaborando en el proceso.
- **Consecuencias de tipo social.** La falla repentina de un recipiente a presión corroído, puede ocasionar desgracias personales, además de que los productos de la corrosión, pueden ser nocivos para la salud.

1.6.7.4 Soldabilidad.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión, deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de sus

componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre sí, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuantos más elementos de aleación contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

1.7. NORMAS Y CÓDIGOS PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESIÓN (AUTOCLAVE).

En el sector industrial, los recipientes de presión se diseñan para funcionar con seguridad en una presión y una temperatura específicas, referidas técnico como la “presión y temperatura del diseño”. Un recipiente que se diseña inadecuado para manejar una alta presión constituye un peligro de seguridad muy significativo. Debido a esto, el diseño y la certificación de los recipientes a presión son gobernados por códigos del diseño tales como el Código ASME.

1.7.1 Breve Historia del Código A.S.M.E.

El Código para calderas y recipientes a presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (A.S.M.E.), se originó por la necesidad de proteger a la sociedad de las continuas explosiones de calderas que se sucedían antes de reglamentar su diseño y construcción. Inglaterra fue uno de los primeros países que sintió esta necesidad, y fue después de uno de los más grandes desastres que sufrió la ciudad de Londres al explotar una caldera en el año de 1815.

La investigación de las causas de esta explosión la llevó a cabo la Cámara de los Comunes por medio de un Comité, el cual, después de agotar todas sus pesquisas, logró establecer tres de las principales causas del desastre en este periodo de tiempo fue:

Construcción inapropiada, material inadecuado y aumento gradual y excesivo de la presión. Al final de su informe, dicho Comité recomendaba el empleo de cabezas semiesféricas, el hierro forjado como material de construcción y el empleo de dos válvulas de seguridad.

El código A.S.M.E consta de once secciones en catorce tomos, en la siguiente tabla (2) el contenido del código ASME

TABLA N° 2
CONTENIDO DEL CÓDIGO A.S.M.E.

Sección I	Calderas de Potencia (Power Boilers)
Sección II	Especificaciones de Materiales (Material Specifications) <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parte A: Especificaciones de Materiales ferrosos (Ferrous Materials) ▪ Parte B: Especificaciones de Materiales no ferrosos. (Non Ferrous Material) ▪ Parte C: Especificaciones de materiales de soldadura. (Welding Materials)
Sección III	Plantas de Potencia Nuclear División 1 y División 2 Componentes: Requerimientos Generales (Nuclear Power Plants) División 1 & División 2 (Components: General Requirements)
Sección IV	Calderas para Calefacción (Heating Boilers)
Sección V	Pruebas no Destructivas (Non Destructive Examinations)
Sección VI	Reglas Recomendadas para el Cuidado y Operación de Calderas para Calefacción (Recommended Rules for Care and Operation of Heating Boilers)
Sección VII	Reglas Sugeridas para el Cuidado de Calderas de Potencia (Recommended Rules for Care of power Boilers)
Sección VIII	<ul style="list-style-type: none"> ▪ División 1: Recipientes a Presión (Pressure Vessels) ▪ División 2: Reglas para Diferentes Alternativas Para Recipientes a Presión. (Alternative Rules for Pressure Vessels)
Sección IX	Requisitos de Soldadura (Welding Qualifications)
Sección X	Recipientes a Presión de Plástico Reforzado y fibra de vidrio. (Fiber Glass Reinforced Plastic Pressure Vessel)
Sección XI	Reglas para Inspección en Servicio de Plantas de Potencia Nuclear. (Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plants)

FUENTE: DISEÑO Y CALCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN "JUAN MANUEL LEÓN ESTRADA" Pág. 84-85.

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

1.8. DESCRIPCIONES GENERALES SOBRE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

1.8.1 *Sensores de Temperatura.*

Estos elementos se utilizan en todo tipo de proceso que requiera indicación y control de la variable de temperatura,

1.8.1.1 *Termocupla*

MEDINA R. (2007) Manifiesta que “Las termocuplas, llamadas comúnmente termopares, se utilizan extensamente, ofreciendo un amplio rango de temperaturas y una construcción robusta. No precisan alimentación de ningún tipo y su reducido precio los convierte en una opción muy atractiva para grandes sistemas de adquisición de datos”. (Pág. 28).

FIGURA N° 3
TÉRMOCUPLA.



FUENTE: (www.directindustry.es/prod/evikon-mci/sensor)

La termocupla es un sensor (transductor) de temperatura más común utilizado industrialmente, es decir un dispositivo que convierte una magnitud física en una señal eléctrica.

Existen varios tipos de termocuplas, puesto que cualquier par de metales conformaría un tipo determinado. Sin embargo, la empírica ha llevado al uso de ciertos tipos estandarizados, a los que se les cita por una letra (las más típicas son las tipo J, K), en la siguiente tabla (3) se muestra la clasificación de las termocuplas

TABLA N° 3
CLASIFICACION DE LAS TERMOCUPLAS.

Tipo	Denominación	Composición y símbolo	Rango de temperaturas (1) (en °C)	Diámetro del alambre apropiado (2)	F.e.m.en mV (3)
B	Platino-rodio 30% vs. platino-rodio 6%	PtRh 30% - PtRh 6%	0 ... 1.500 (1.800)	0,35 y 0,5 mm	0...10,094 (13,585)
R	Platino-rodio 13% vs. Platino	PtRh 13% - Pt	0...1.400 (1.700)	0,35 y 0,5 mm	0.16,035 (20,215)
S	Platino-rodio 10% vs. Platino	PtRh 10% - Pt	0...1300(1.600)	0,35 y 0,5 mm	0...13,155 (15,576)
J	Hierro vs. Constatán	Fe – CuNi	-200 ... 700 (900)	3 mm 1mm	-7.89 ... 39,130 (51,875)
			-200 ... 600 (800)		-7.89 ... 33,096 (45,498)
K	Niquel-cromo vs. niquel (Chromel vs. Alumel)	NiCr – Ni	0...1000(1.300)	3 ó 2 mm 1,38 mm	0...41,269 (52,398)
			0 ... 900 (1.200)		0...37,325 (48,828)
T	Cobre vs. Constatán	Cu – CuNi	-200 ... 700 (900)	0,5 mm	-5,60 ... 14,86 (20,86)
E	Niquel-cromo vs. constatan (Chromel vs. constatan)	NiCr – CuNi	-200 ... 600 (800)	3 mm	-9,83 ... 53,11 (68,78)
					-8,83 ... 45,08 (61,02)

FUENTE http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

1.8.2 Control de Temperatura Digital.

Los controles de temperatura digitales son instrumentos que compara la señal del sensor, la compara con una señal interna deseada (se llama a este punto set point) y ajusta la salida del dispositivo calefactor para mantener, tan cerca como sea posible, el equilibrio entre la temperatura medida y la temperatura deseada. Este control de temperatura nos permite mantener una temperatura estable de acuerdo a los parámetros de procesos que se requiere trabajar.

FIGURA N° 4
CONTROL DE TEMPERATURA



FUENTE: http://senyter.cl/carro3/product_info.php?products_id=349

1.8.3 LOGO.

Según el MANUAL DE LOGO SIEMENS, (2005), es “Un dispositivo electrónico empleado para la automatización de procesos industriales, tales como maquinarias o líneas de ensamblaje”.

Con LOGO se resuelven tareas de instalación y del ámbito doméstico, así como la construcción de armarios eléctricos, máquinas y aparatos. Asimismo, el LOGO se puede utilizar para controles especiales en el procesamiento de señales en

controles y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones, para el control descentralizado de máquinas y procesos.

También para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos, así como en el sector de instalaciones, existen variantes especiales sin unidad de mando y visualización.

FIGURA N° 5
LOGO (MINI AUTÓMATA PROGRAMABLE)



FUENTE: MANUAL DE LOGO SIEMENS.

Descripción del LOGO.- Es el módulo lógico universal, lleva integrados de:

- Control
- Unidad de mando y visualización con retro iluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales pre programadas, ejemplo para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software
- Temporizador programable cuando esté en RUN

- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo.
- Contadores internos, reloj semanal, mensual.

1.8.4 *Electroválvulas de Vapor.*

Según, DANFOS.COM, Una electroválvula, es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Disponible:(http://www.fidemar.com.uy/catalogos/danfoss/agua/Valvulas_solenoideasindustriales.pdf).

Son recomendables especialmente para:

- Fluidos con pocas impurezas
- Volúmenes de caudal moderados y
- Presión diferencial moderada.

FIGURA N° 6
ELECTROVÁLVULAS DE VAPOR



FUENTE: DANFOSS ESPAÑA (<http://www.danfoss.com/>)

En muchas aplicaciones es necesario controlar el paso de algún tipo de flujo, desde corriente eléctrica hasta gases o líquidos. Esta tarea es realizada por válvulas. En particular, las accionadas por solenoides permiten su implementación en lugares de difícil acceso y facilitan la automatización del proceso al ser accionadas eléctricamente.

1.8.5 Trampas de Vapor

Son válvulas automáticas normalmente cerradas en la presencia de vapor y se abren con la presencia de agua (condensados). Se utilizan para drenar automáticamente el condensado que se origina cuando la temperatura disminuye en las tuberías que transportan vapor. El condensado es no deseado en las tuberías y equipos que utilizan el vapor como medio de transferencia de calor a un proceso.

Las trampas son fabricadas en hierro, acero al carbono o acero inoxidable, y pueden ser de tres tipo: mecánicas (balde invertido, flotante libre), termodinámicas, o termostáticas. Los diámetros están entre 3/8" hasta 2" NPT o bridadas. Las presiones de operación están entre 5 psi hasta 1480 psi.

FIGURA N° 7
TRAMPA DE VAPOR



FUENTE: <http://www.spiraxsarco.com/mx/products-services/products/steam-traps/thermodynamic-steam-traps.asp>. Consultado el 08-02-11.

1.8.6 Dispositivo de Seguridad en Recipientes a Presión.

1.8.6.1 Válvula de Desahogo (alivio).

ROSALER R.; et al (2001), Detalla la utilización de estos dispositivos, en tanques de presión, calderas, etc, donde es necesario evitar que un exceso de presión pueda causar daño en las instalaciones. Están reguladas para una determinada presión de apertura. Permanecen cerradas en funcionamiento normal y solo se abren si el fluido sobrepasa la presión requerida, liberando el exceso.

FIGURA N° 8
VÁLVULA DE DESAHOGO (ALIVIO)



FUENTE: http://www.abac.com.ar/ES/productos/control_fluidos/var.asp

CONSULTADO EL 08-02-11

Recomendada para, sistemas en donde se necesita una gama predeterminada de presiones.

Aplicaciones.- Se aplican en:

- Agua caliente,
- Vapor de agua,
- Gases,
- Vapores.

Ventaja.-

- Bajo costo.
- No se requiere potencia auxiliar para la operación.
- Escape rápido en caso de sobrepresión.

Variaciones:

- Seguridad, desahogo de seguridad.
- Construcción con diafragma para válvulas utilizadas en servicio corrosivo.

1.8.6.2 Interruptor de presión (Presostato).

Según el GRIMANEY J. (2008). Dice que el presostato también “Es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido”.

Operación:

El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

No deben ser confundidos con los transductores de presión (medidores de presión), mientras estos últimos entregan una señal variable en base al rango de presión, los presostatos entregan una señal apagado/encendido únicamente, se llama a esta señal señal digital ON/OFF.

FIGURA N° 9
PRESOSTATO.



FUENTE: <http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Literature/Manuals/04/ICPDP10B405.pdf>
Consultado el 08-02-11

Tipos.- Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir.

Usos.- Los usos son muy variados. Algunos ejemplos: la luz roja de falta de presión de aceite de un automóvil está conectada a un presostato. La bomba de agua está controlada por un presostato en el sistema hidroneumático (hidráulico) de una casa.

Los presostatos en general no tienen la capacidad para encender directamente el equipo que están controlando y se ayudan con un relevador o contactor eléctrico.

1.8.7 Elementos Finales de Control.

HOLZBOCK. W. (2000) Describe que los elementos finales de control son “Aquellos dispositivos que se sitúan al “final” y que convierten los comandos de control en acciones que operan sobre el proceso con el objetivo de corregir las desviaciones observadas en el proceso”.

1.8.7.1 Válvulas de Bola.

Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto

FIGURA N° 10
VÁLVULA DE BOLA



FUENTE: (wikipedia.org)

CAROLI E. 2000 Describe que los elementos finales de control (válvula de Bola) son:

Recomendadas para:

- Para servicio de conducción y corte, sin estrangulación.
- Cuando se requiere apertura rápida.
- Para temperaturas moderadas.
- Cuando se necesita resistencia mínima a la circulación.

Aplicaciones:

- Servicio general,
- Altas temperaturas,
- Pastas semilíquidas.

Ventajas:

- Bajo costo.
- Alta capacidad.
- Corte bidireccional.
- Circulación en línea recta.
- Pocas fugas.
- Se limpia por sí sola.
- Poco mantenimiento.
- No requiere lubricación.
- Tamaño compacto.
- Cierre hermético con baja torsión (par).

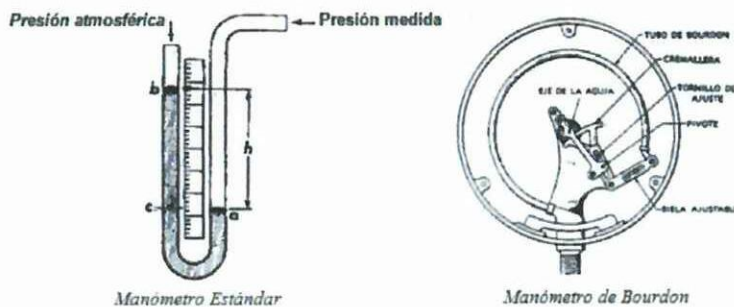
Desventajas:

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

1.8.8 Indicadores de Presión

Los dispositivos de medición de presión llamados manómetros, son utilizados para medir la presión manométrica, entre ellos cabe mencionar, el manómetro de Bourdon, y el manómetro estándar.

FIGURA N° 11
MANOMETRO ESTANDAR, BOURDON



FUENTE: (<http://www.sapiensman.net>)

Según MARAÑA; (2005). Los indicadores de presión o manómetros más utilizados son los basados en el tubo “bourdon”. “El tubo bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, este tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora” (Pág. 20).

Los rangos de utilización son desde 0 bar a cientos de bar.

Los medidores mecánicos de presión son de mayor uso en la industria se aprovechan la deformación cuantitativa de una membrana elástica para medir la presión. Estos son principalmente los medidores de tubo Bourdon y de Fuelles metálicos.

FIGURA N° 12
MANOMETRO



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR.

CAPÍTULO II

MÉTODOS Y TÉCNICAS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se establece los métodos y técnicas utilizados en el desarrollo del presente trabajo de investigación,

2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación que utilizamos es de tipo cuasi experimental porque se basa en un diseño específico, tomando en cuenta las variables necesarias para que funcione la presente máquina, las cuales son tiempo, presión y temperatura interna que debe soportar el recipiente, diseñamos, construimos, probamos y adquirimos conclusiones del trabajo terminado a través de los datos tomados en las pruebas realizadas.

Esta investigación no es experimentación porque nuestro trabajo consiste en diseñar una máquina que fue creada desde ya hace mucho tiempo, más bien consiste en diseñar la máquina con demostración mediante cálculo y cumpliendo con requerimientos que la institución a la que está dirigida necesita, tomando los requerimientos más importantes presión y temperatura interna.

2.2. METODOLOGÍA

2.2.1 Métodos

Los métodos utilizados en esta investigación fueron:

- **Analítico.-**

Este método lo utilizamos porque a través del análisis de todo lo relacionado a construcción de autoclaves, obtenemos una visión global de los requerimientos necesarios para realizar este proyecto; el análisis se lo hizo a través de observar algunas autoclaves y su funcionamiento, de la recopilación de información para entender el proceso de esterilización que realiza una autoclave.

- **Sintético.-**

Después de haber analizado toda la información textual y visual del funcionamiento de la autoclave, procedemos a realizar una síntesis, es decir agrupar toda la información necesaria para poder realizar el diseño de la autoclave y tener una idea clara para desarrollarla.

- **Deductivo.-**

El método deductivo en este trabajo nos permite, establecer conceptos y normas generales para poder construir el recipiente de acuerdo a especificaciones técnicas internacionales relacionadas a construcción de recipientes a presión (autoclave) y con las normas que reglan el diseño eléctrico a nivel mundial.

Nos enfocamos a tratar de explicar y encontrar los principios de resistencia del material, la elección del material adecuado, la transferencia de calor, la seguridad de operación, el funcionamiento automático de la autoclave en la esterilización.

2.2.2 *TÉCNICAS*

Las técnicas de investigación fueron importantes e indispensables en este presente trabajo, ya que se integró una estructura por medio de la cual se organizó esta investigación, logrando:

- Ordenar las etapas de la investigación.
- Aportar instrumentos para manejar la información.
- Llevar un control de los datos.
- Orientar la obtención de conocimientos.

En cuanto a las técnicas de investigación, utilizamos dos formas generales: la técnica documental y técnica de campo.

- **La técnica documental:** Consistió en la recopilación de información a través de libros, revistas, catálogos, internet, etc, para enunciar las teorías que sustentan el estudio.
- **La técnica de campo:** Esta técnica consistió en la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitieron confrontar la teoría con la práctica.

Se pudo observar autoclaves de algunas instituciones como las que existen en la Universidad Técnica de Ambato, en la empresa de lácteos PARMALAT DEL ECUADOR S.A. Esta observación nos ayudó muchísimo para poder determinar el funcionamiento que se necesita para poder operar correctamente una autoclave.

2.2.2.1 Técnica de pruebas previas

Con la finalidad de verificar el montaje y el correcto funcionamiento de todos los elementos con que está constituida la Autoclave se realizó las siguientes técnicas de pruebas previas:

- Control de dimensionamiento
- Control de elementos utilizados
- Pruebas de funcionamiento

a. Control de dimensionamiento

Esta prueba se los realizó con los elementos construidos que conforman la autoclave tales como: cuerpo o casco, tapas, brida, de la autoclave, verificando sus dimensiones de construcción para que concuerden con las especificadas en los respectivos planos de dimensionamiento, de esta manera se aseguró que la autoclave esté con especificaciones de diseño.

b. Control de elementos utilizados.

Este control se los realizó con todos los elementos que constituyen la autoclave, para garantizar su correcta funcionabilidad, maniobrabilidad y seguridad respectiva.

c. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento se las hizo cuando ya se culminó con la construcción de la autoclave, se hicieron pruebas con y sin carga que detallamos a continuación:

- Pruebas sin carga.

Estas pruebas se realizó con la Autoclave vacía para verificar los parámetros funcionales de la maquina; se los realizó en pequeños ciclos. El tiempo que se empleó fue de aproximadamente 30 min hasta alcanzar la temperatura para comenzar la esterilización.

- Pruebas con carga.

Se los realizó con dieciocho enlatados de sardina, para observar el comportamiento de la maquina al someterla a la carga que se diseño, en esto prueba se verifica:

- El funcionamiento del sistema.
- Tiempo de llenado.
- Tiempo de desfogue.
- Tiempo de espera para sacar de la cámara el producto esterilizado.

El plan de pruebas se muestra en el anexo (VER ANEXO 4 PROTOCOLO DE PRUEBAS)

2.3. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO.

Con el propósito de tener un esquema para el desarrollo de este presente trabajo, se estableció un plan estratégico con cinco etapas para el diseño y construcción de la maquina.

Etapas 1: Investigación Preliminar

- Investigación de la teoría, definiciones conceptos y objetivos.

- Observación de proceso de esterilización en enlatados tanto en máquinas de proceso continuo como de laboratorio.

Etapa 2: Estudio del equipo de esterilización (autoclave)

- Análisis de datos.
- Realización del esquema de cómo se va a realizar la autoclave, las medidas propuestas, el costo del mismo, etc.
- Selección del tipo de máquina a implementarse, en este caso máquina para laboratorio.

Etapa 3: Diseño mecánico y eléctrico

- Cálculo y diseño mecánico
- Diseño eléctrico.
- Desarrollo del programa LOGO para la comunicación con los controladores y elementos eléctricos.

Etapa 4: Implementación.

- Construcción de la autoclave
- Distribución de los componentes y dispositivos que conforman la máquina.
- Aplicación del circuito eléctrico para comandar el funcionamiento de una forma automática.

Etapa 5: Pruebas y ajustes

- Análisis de resultados obtenidos a través del funcionamiento.
- Ajustes y afinamientos.
- Perfeccionamiento del sistema en base a errores encontrados.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DE DISEÑO

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los análisis de datos para el diseño y construcción de la autoclave, definiendo las dimensiones y funcionamiento del equipo propuesto.

Los requerimientos necesarios que se toma en cuenta para el cálculo del equipo de esterilización (autoclave), son los siguientes:

- Temperatura de esterilización del enlatado, para alimentos poco ácidos para un pH entre $4,5 < \text{pH} < 7,5$ se necesita una temperatura de 250°F.
- Características del vapor saturado.
- Presión y temperatura de trabajo y de diseño
- Tipo de material a utilizar para la construcción
- Forma de la autoclave
- Tipos de tapas
- Dimensiones del enlatado
- La cantidad de enlatados que abarcará por esterilización,
- Tipo de material a utilizarse para la base del cuerpo de la autoclave.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO A CONSTRUIR

El equipo que se propone, es un equipo para la esterilización (AUTOCLAVE) de productos alimenticios enlatados, este equipo va a trabajar utilizando como medio de calentamiento la inyección de vapor saturado procedente desde una caldera externa.

La autoclave será de forma cilíndrica horizontal con tapas tipo torisféricas la una soldada en la parte posterior y la otra acoplada mediante una brida y pernos para la sujeción, con lo que se puede abrir y cerrar la misma. El material empleado en cuerpo, tapas y base será de acero inoxidable.

El equipo a construir se considera que es un recipiente a presión, y se tomará las medidas de seguridad necesarias para operar este equipo, colocando dispositivos de seguridad mecánicos y eléctricos.

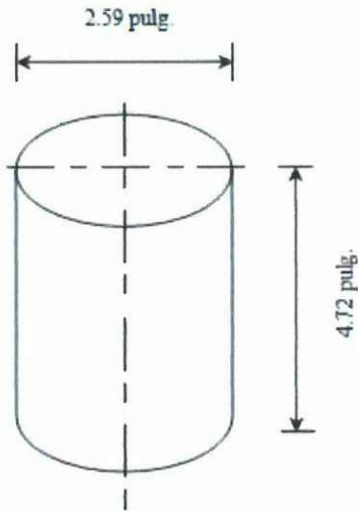
El cilindro descansará sobre una base de acero inoxidable de 1.5 mm de espesor, por lo que no se ve necesario el cálculo de la misma ya que la autoclave no es muy pesada, en esta base se va a colocar los dispositivos para el control automático presión-temperatura, en el cuerpo de la autoclave se colocará dos orificios de $\frac{1}{2}$ pulg donde se instalará tuberías para la entrada y salida de vapor saturado, también en estas se colocará las electroválvulas y válvulas manuales para su funcionamiento.

3.2. DIMENSIONAMIENTO MECÁNICO

Para el dimensionamiento de la autoclave partimos de la cantidad de enlatados para esterilizar. En la fig. (13) se muestra las dimensiones que tiene el enlatado.

Debemos saber que las dimensiones del enlatado fue medido con anterioridad en la máquina enlatadora presente en nuestra universidad.

FIGURA N° 13
DIMENSIONES DEL ENLATADO

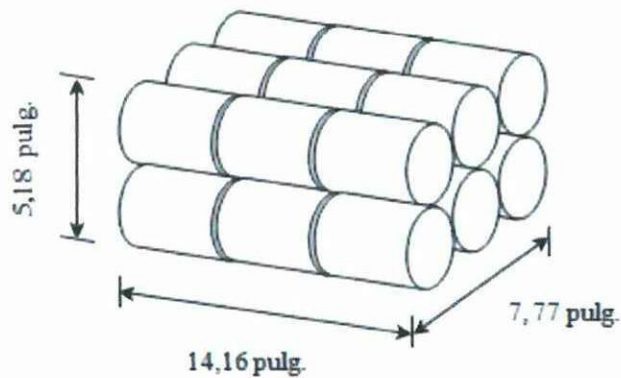


FUENTE: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Para nuestro diseño, por cada esterilización se colocará 18 enlatados en el interior de la autoclave.

En la fig. (14) se muestra las dimensiones con los 18 enlatados dispuestos en la siguiente forma:

FIGURA N° 14
DIMENSIONES DEL LOS ENLATADOS



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

	Medida	Unidad
Longitud	7.77	pulg.
Alto	5.18	pulg.
Profundidad	14.16	pulg.

Con esta referencia se realiza el dimensionamiento y diseño del cesto para colocar los enlatados a esterilizar.

3.2.1 Forma, Dimensiones y Diseño del Cesto

A continuación se realiza el cálculo y forma del cesto tomando en cuenta la dilatación térmica lineal de los enlatados.

El cesto tendrá la forma de un rectángulo y los cálculos se basa en el cambio de longitud lineal del enlatado aplicando la siguiente ecuación:

$$L_f - L_o = \alpha L_o (T_f - T_o)$$

Donde:

L_f = Longitud final

L_o = Longitud Inicial

α = Coeficiente de dilatación térmica (VER ANEXO)

T_f = Temperatura final

T_o = Temperatura inicial

Para la utilización de esta ecuación despejamos la (L_f) obteniendo:

$$L_f = \alpha L_o (T_f - T_o) + L_o \quad (\text{ec. 4})$$

Reemplazando tenemos:

Para $L_o = 4.72$ que es la altura del enlatado

$$L_{f1} = 0,000006 /_{\circ F} * 4,72 \text{ pulg} (250^{\circ}F - 50^{\circ}F) + 4,72 \text{ pulg}$$

$$L_{f1} = 4,726 \text{ pulg} * 3 \quad (\text{Ver figura 14})$$

$L_{f1} = 14,178 \text{ pulg.}$ Referente a la profundidad.

Para $L_o = 2.59$ que es el diámetro del enlatado.

$$L_{f2} = 0,000006 /_{\circ F} * 2,59 \text{ pulg} (250^{\circ}F - 50^{\circ}F) + 2,59 \text{ pulg}$$

$$L_{f2} = 2,593 \text{ pulg} * 2 \quad (\text{Ver figura 14})$$

$L_{f2} = 5,186 \text{ pulg.}$ Referente a la altura.

Para $L_o = 2.59$ que es el diámetro del enlatado.

$$L_{f3} = 0,000006 /_{\circ F} * 2,59 \text{ pulg} (250^{\circ}F - 50^{\circ}F) + 2,59 \text{ pulg}$$

$$L_{f3} = 2,593 \text{ pulg} * 3 \quad (\text{Ver figura 14})$$

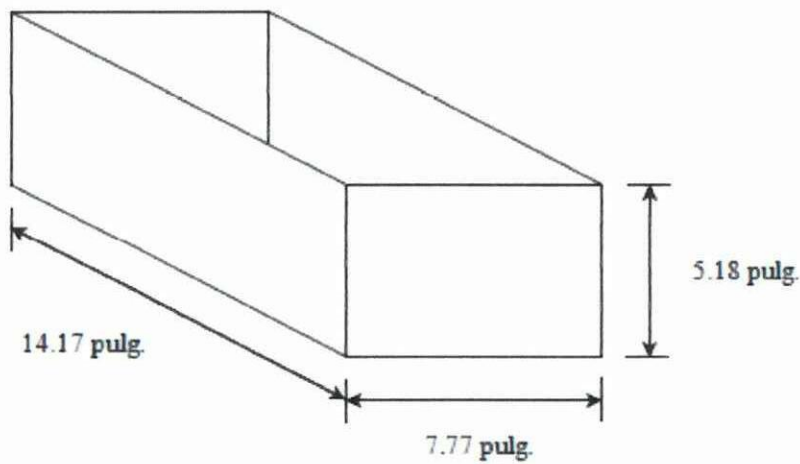
$L_{f3} = 7,779 \text{ pulg.}$ Referente a la longitud.

Entonces el cesto tendrá las siguientes dimensiones:

	Medida	Unidad
Longitud	7.779	pulg.
Alto	5.186	pulg.
Profundidad	14.178	pulg.

En la fig. (15) se muestra el modelo y las dimensiones del cestillo, el material a emplearse para el cestillo será de acero AISI 304, se le perforará en todas las paredes con el propósito de no acumular condensado en su base y permitir la libre transferencia de calor a los enlatados.

FIGURA N° 15
DIMENSIONES DEL CESTO



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Estas medidas corresponden a la medida real de la disposición de los enlatados más la dilatación térmica lineal del material del enlatado, con esto aseguramos que no se vayan a ajustar los enlatados en el momento de subir la temperatura interna en la autoclave.

3.2.2 Forma, Dimensiones de la Autoclave:

3.2.2.1 Forma:

ESTRADA J. (2001 pág. 4) señala que, “Normalmente los recipientes que trabajen a presión interna pueden ser en forma cilíndricos o esféricos”.

Los primeros pueden ser horizontales o verticales, y pueden tener, en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según el caso.

La forma de nuestro diseño será cilíndrica por su fácil fabricación, y porque la presión interna a la que será sometida es pequeña.

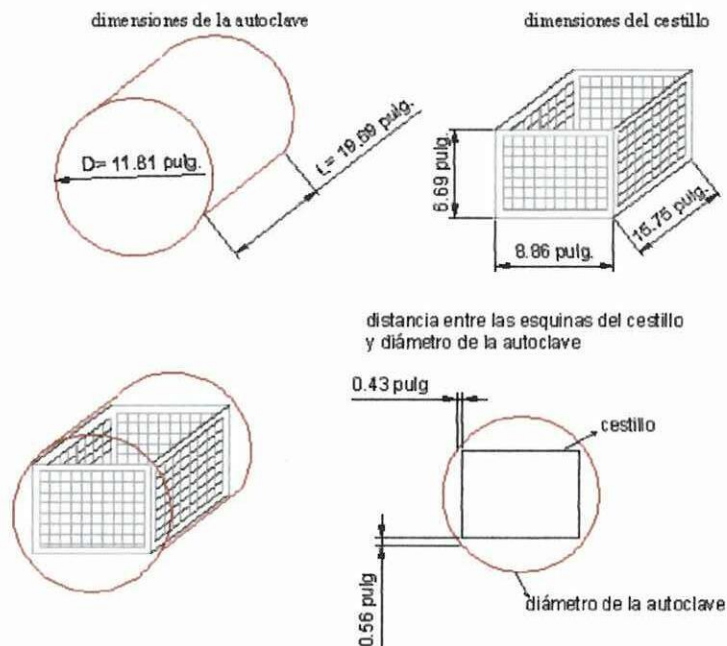
3.2.2.2 Dimensiones

Para las dimensiones de la autoclave se toma en cuenta las dimensiones del cesto donde se coloca los enlatados.

La longitud propuesta es de 19.69 pulg teniendo un sobredimensionamiento de 3.94 pulg; con respecto al del cesto.

El diámetro propuesto: 11.81 pulg que puede alojar la altura del cesto sin rozamiento en las esquinas con el diámetro de la autoclave, en las esquinas horizontales tenemos una distancia de 0.43 pulg; en las esquinas verticales tenemos una distancia de 0.56 pulg. En la fig. (16) se muestra las dimensiones propuestas de la autoclave.

FIGURA N° 16
DIMENSIONES DEL CUERPO DE LA AUTOCLAVE.



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN

Los aceros inoxidable austeníticos son, en general, los grupos más empleados en esta aplicación, estos proporcionan una buena combinación de resistencia a la corrosión y de las propiedades de fabricación. Por lo que el material a emplearse para la construcción del recipiente será láminas de acero inoxidable AISI 304 debido a las siguientes características:

- Resistente a la corrosión en una amplia variedad de medios corrosivos incluyendo medios petroleros calientes y gases de combustión.
- Resistente a la corrosión en servicio intermitente hasta 871 °C y hasta 926 °C en servicio continuo.
- La dilatación térmica es de 1.5 veces superior al acero de bajo carbono.
- Conductividad térmica triple que la del acero de bajo carbono.
- Soldabilidad excelente.
- Acero inoxidable austenítico, aleado 18% Cromo y 8% níquel y bajo contenido de carbono.
- No requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura, entre otras.

El acero inoxidable es uno de los materiales más empleados en la industria alimentaria debido a que son anticorrosivos e inoxidables frente a muchos agentes.

3.3.1 *Acero Inoxidable AISI 304*

El AISI 304 es el más versátil y uno de los más usados de los aceros inoxidables de la serie 300. Tiene excelentes propiedades para el conformado y el soldado. Se puede usar para aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte.

En la siguiente tabla (4) se muestra las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304.

TABLA N° 4
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO AISI 304

PROPIEDADES MECÁNICAS:	
Resistencia a la Tracción (Rm).	90 000 psi
Límite Elástico (Rp) ...	45 000 psi
Alargamiento (A).	30%
Reducción de Área.	40%

FUENTE: www.sumiteccr.com

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

La selección del acero inoxidable AISI 304 se lo ha hecho debido a su resistencia a la corrosión, en el mercado es fácil de encontrarlo, su costo es económico respecto con otros materiales que ofrecen características semejantes como el acero AISI 316, 347, Carpenter “20” y Hastelloy “B” o “C”, etc.

En la tabla (5) se muestran los tipos de aceros y sus propiedades.

TABLA N° 5
TIPOS DE ACEROS Y SUS PROPIEDADES. (VER ANEXOS 5 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ACEROS)

TIPO DE ACERO PROPIEDADES	AISI 420 13% Cromo	AISI 430 18 % Cromo	AISI 304 18% Cr y 8% Ni
Magnetismo	Si	Si	No
Resistencia a la oxidación	En contacto con la atmósfera	Usos interiores, pero presenta problemas en exteriores	Excelente
Dilatación térmica	Casi igual al acero de bajo carbono	Casi igual al acero de bajo carbono	1.5 veces superior al acero de bajo carbono
Conductividad térmica	Mitad que la del acero de bajo carbono	Mitad que la del acero de bajo carbono	Triple que la del acero de bajo carbono
Soldabilidad	Baja	Media	Excelente

FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

3.4. RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA DEL VAPOR SATURADO.

Según la revista TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS (2000) describe que “La temperatura óptima para la esterilización de productos poco ácidos como la carne, lácteos y hortalizas es de 250 °F”

Considerando el parámetro de presión de vapor saturado de (40 psi) nos preguntamos ¿será la presión necesaria para obtener una temperatura de 250 °F en un volumen determinado?

Para esta interrogante utilizamos la relación presión-temperatura que se muestra en la tabla (6)

TABLA N° 6
EXTRACTO DE LA TABLA DE LA RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA (VER TABLA COMPETA EN ANEXOS 5)

PRESIÓN RELATIVA	PRESIÓN ABSOLUTA	TEMPERATURA	ENTALPÍA			VOLUMEN ESPECÍFICO
			AGUA (hf)	EVAPORACIÓN (hfg)	VAPOR	
Bar	Bar	°C	KJ/kg	KJ/kg	KJ/kg	m ³ /kg
1.60	2.613	128.89	541.6	2177.3	2718.9	0.689
1.80	2.813	131.37	552.3	2170.1	2722.4	0.643

FUENTE: www.calderasvapor.com/relac_vapor_0-10_bar.htm.

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Para hallar ésta temperatura tenemos que interpolar usando la siguiente ecuación:

$$Y_1 = Y_a + (X - X_a) \frac{(Y_b - Y_a)}{(X_b - X_a)} \quad (\text{ec. 5})$$

Convirtiendo 40 psi a bares tenemos que:

40 *psi* = **2.76 bar** (VER CUADRO DE CÁLCULO EN ANEXO11)

P. absoluta Bar	Temperatura °C
$X_a = 2.613$	$Y_a = 128.89$
$X = 2.76$	$¿?$
$X_b = 2.813$	$Y_b = 131.37$

Reemplazando en la ecuación (5) tenemos:

$$Y_1 = 128.89 + (2.76 - 2.613) \frac{(131.37 - 128.89)}{(2.813 - 2.613)}$$

$$Y_1 = 130.71 \text{ °C} = 267.3 \text{ °F}$$

La temperatura dentro del recipiente cerrado con una presión de 40 psi (2.76 bar) de vapor saturado, será (**130.71 °C o 267.3 °F**); esto confirma que la relación entre temperatura de saturación y presión absoluta requerida en el volumen específico correspondiente, es óptima para la esterilización de productos alimenticios enlatados.

3.4.1 Presión de Diseño

Para la presión de diseño se hace uso de la ecuación (2) que se encuentra en el Capítulo I

$$P_d = 30 + P_{\text{máx.ope}}$$

Sustituyendo tenemos:

$$P_d = 30 + 40lb/pulg.^2$$

$$P_d = 70lb/pulg.^2$$

La presión de nuestro diseño será de **70lb/pulg.²**

3.4.2 *Temperatura de Diseño*

Para la temperatura de diseño utilizamos la ecuación:

$$T_d = 25\text{ °F} + T_{\text{máx oper.}} \quad (\text{ec. 6})$$

Sustituyendo tenemos:

$$T_d = 25\text{ °F} + 250\text{ °F} = 275\text{ °F}$$

La temperatura de diseño será **275°F**

3.5. ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA AUTOCLAVE.

3.5.1 *Diseño Mecánico*

3.5.1.1 *Diseño del cuerpo de la autoclave (casco).*

El esfuerzo circunferencial (Juntas longitudinales) cuando el espesor no excede de un medio del radio interior o P no excede de 0.385 SE, se deberá aplicar la siguiente ecuación:

$$t_{\text{casco}} = \frac{PR}{SE-0.6P} + C.A \quad (\text{ec. 7})$$

Donde:

t_{casco} = espesor de la placa de acero

P = presión de diseño

R = radio interior

S = valor máximo de esfuerzo permitido del material

E = eficiencia de la junta. (VER ANEXO 2)

C.A= Margen de corrosión (1/6 pulg.) del espesor de la placa calculada

a. Espesor de diseño de la autoclave.

La ecuación (5) esta expresada en función a las dimensiones interiores del mismo, para aplicar esta ecuación primero debemos calcular el valor (S) que es el: **Valor máximo de esfuerzo permitido del material**, para conocer el esfuerzo máximo permitido (S), los datos vienen dado en las tablas (7)

TABLA N° 7

EXTRACTO 1 DE LA TABLA DE PROPIEDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES (VER TABLA COMPLETA EN ANEXOS 6)

TABLA 1													
Cedencia 30000 Tensión 75000	Producto		No. Espec.		Grado		Notas						
	Placa		SA-240		304		2 - 3						
	Tubo s/c		SA-213		TP304		2						
	Tubo s/c		SA-213		TP304H		-						
	Tubo s/c		SA-312		TP304		2						
	Tubo s/c		SA-312		TP304H		-						
VALORES MÁXIMOS DE ESFUERZO PERMITIDO, 1000 lb/pulg ²													
MATERIALES DE LATABLA	PARA TEMPERATURAS DEL METAL NO MAYORES DE, GRADOS F												
	-20 - 100	200	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	NOTAS
1	18. 8	17. 8	16. 6	16. 2	15. 9	15. 9	15. 9	15. 9	15. 5	15. 2	14. 9	14. 7	1
	18. 8	15. 7	14. 1	12. 9	12. 1	11. 4	11. 2	11. 1	10. 8	10. 6	10. 4	10. 2	

FUENTE: (MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN- DISEÑO Y CÁLCULO, Eugene F. Megyesy, Editorial Limusa, Grupo Noriega, pag. 160).

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Con el dato de la temperatura de diseño (275°F) y usando la tabla (7 extracto 2) e interpolamos usando la ecuación (5).

Temperatura °F	S (100 lb/pulg ²)
X _a = 200	Y _a = 17.8
X = 275	¿?
X _b = 300	Y _b = 16.6

Reemplazando en la ecuación (5) tenemos:

$$Y_2 = 17.8 + (275 - 200) \frac{(16.6 - 17.8)}{(300 - 200)}$$

$$Y_2 = 17.8 + (75) \frac{(-1.2)}{(100)}$$

$$Y_2 = 17.8 - 0.9$$

$$Y_2 = 16.9 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$$

El valor del esfuerzo máximo permitido (S) del acero AISI 304 será (16.9*10³ $\frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}$)

Con estos datos reemplazamos en la ecuación (6), obteniendo los siguientes resultados:

$$t_{\text{casco}} = \frac{70 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 5.9 \text{ pulg}}{16900 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 0.85 - 0.6 * 70 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t_{\text{casco}} = \frac{413 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}}{14365 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} - 42 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$$t_{\text{casco}} = \frac{413 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}}}{14323 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}$$

$t_{\text{casco}} = 0.029 \text{ pulg}$ Este resultado esta sin el margen de corrosión (CA), ahora con el (CA) tenemos:

$$0.029 \text{ pulg} * 1/6 = 0.0048 \text{ pulg}$$

$$t_{\text{casco}} = 0.029 \text{ pulg} + 0.0048 \text{ pulg}$$

$$t_{\text{casco}} = 0.034 \text{ pulg}$$

Entonces se requiere un espesor de **(0.034 pulg.)**

Según MEGYESY. E (2002); en las reglas y normas relacionadas con la fabricación manifiesta que “El espesor de la placa que se utilice para el casco y las cabezas será de $\frac{1}{4}$ pulg como mínimo” (Pág. 166)

De las especificaciones mencionadas, el espesor de placa a utilizarse para la construcción del cuerpo (casco) de la autoclave será de $\frac{1}{4}$ pulg, teniendo referencia que en el mercado nacional se encuentra placas de acero inoxidable de (6 mm).

3.5.1.2 Selección de tapas.

En el diseño de recipientes a presión se tiene varios tipos de tapas, van desde las planas, torisféricas elípticas, esféricas, hemisféricas, modificadas, cónicas, entre otras.

La principal diferencia radica en el tipo de recipiente que se desee cubrir, la función del recipiente y las condiciones de operación.

En la tabla (8) se muestra las posibles tapas a utilizarse, las ventajas y usos principalmente en las industrias donde se necesite eficiencia en el proceso basado en presiones internas.

TABLA N° 8

TIPOS DE TAPAS Y DESCRIPCIONES (VER ANEXO GRÁFICOS DE LAS TAPAS)

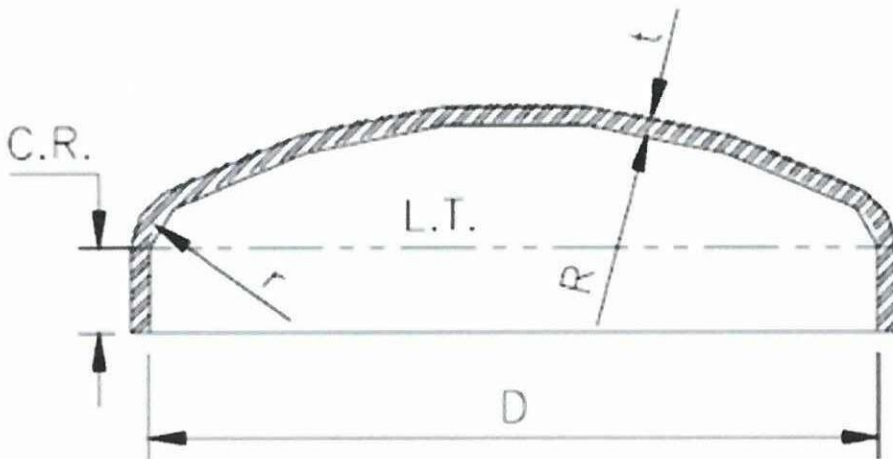
Tapa	Intervalo de presión	Dimensiones recomendadas	Tipo de recipientes	Usos	Observaciones
Plana	Muy bajas 10 lb/pulg ²	4-10 pies de diámetro	Horizontales atmosféricos	Almacenamiento de fluidos con densidad cercana a la del agua	Para recipientes de diámetros mayores, no conviene su uso, aún a presiones menores de 1 lb/pulg ²
Abombada fuera de código	Muy bajas 15 lb/pulg ²	De gran diámetro	Atmosféricos	Almacenamiento	Están fuera de código, por lo que el diseñador y usuarios no tienen protección en procedimientos y revisiones
Toriférica	15 – 200 lb/pulg	12-236 pulg	---	Operaciones a presión interna	Económicas para ese intervalo de presiones. Se diseñan basándose en el espesor exterior del casco del cilíndrico.
Elíptica	150 – 600 lb/pulg	Sin limitaciones	---	Operaciones a presiones elevadas	No es económica
Hemisférica	400 lb/pulg ² en adelante	Desde 12-94 pulg. de diámetro y espesores desde 3/8-3 ½ pulg.	---	Ideal para cierre de recipientes a presión.	Alto costo de fabricación, pero menor que las elípticas

FUENTE: (DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN, Ing Juan Manuel León Estrada, Colección INGLESA 2001, pág. 4-7)

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Se puede observar que las tapas torisféricas representan una buena opción para el cierre de nuestra autoclave pues la (P_d) del proceso es de 70lb/pulg.² se encuentra en el intervalo de presiones recomendadas para éstas, además de ser económicas. En la siguiente fig. (17) se muestra un bosquejo de una tapa torisférica, en ella se indica los parámetros de su diseño, el espesor del material de construcción, el abombado, etc.

FIGURA Nº 17
TAPA TORISFÉRICA.



FUENTE: (DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN, Ing Juan Manuel León Estrada, Colección INGLESA 2001, pág. 4-7)

Donde:

R (L) = radio de abombado

t = espesor de la tapa

D = diámetro exterior de la tapa

r = radio interior de transición

C.R. = longitud de ceja recta

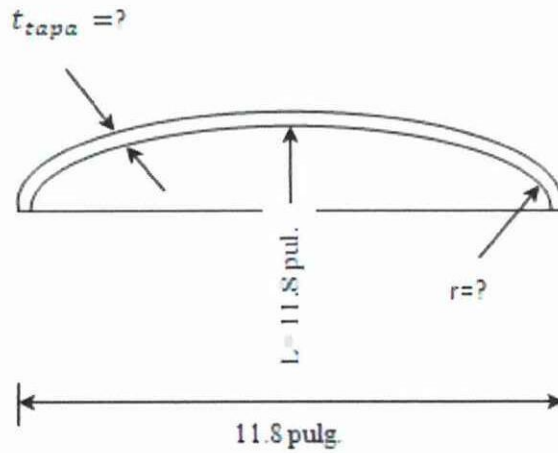
3.5.1.3 Diseño de tapas Torisfericas

a. Espesor de diseño en tapas.

En la siguiente fig. (18) se muestra las dimensiones de las tapas torisfericas para nuestro cálculo.

FIGURA N° 18

TAPA TORISFÉRICA DE DISEÑO CON SUS DIMENSIONES.



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Para el cálculo del espesor de la tapa aplicamos la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P L M}{2 S E - 0.2 P} + C. A \quad (\text{ec. 8})$$

Donde:

t_{tapa} = espesor mínimo requerido en la tapa.

P = presión de diseño;

L = radio de abombado;

M = factor adimensional que depende de la relación L/r. (por calcular)

r = radio de esquinas o de nudillos;

S = esfuerzo máximo permisible del material de la tapa a tensión y temperatura de diseño; $(16.9 \cdot 10^3 \frac{lb}{pulg^2})$

E = eficiencia de las soldaduras, sin costuras el valor es 1.

CA = margen de corrosión.

Para aplicar la ecuación (8) primero tenemos que encontrar el factor adimensional.

(M) por medio de la relación L/r

Donde:

Se considera que el radio de esquina o nudillo (r) es el 6% del radio de abombado de la tapa, y el radio de abombado (L) es igual al diámetro interior del cilindro.

Aplicando una regla de tres simple tenemos:

$$11.8 \text{ pulg.} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100\%$$

$$X \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 6\% = \mathbf{0,71 \text{ pulg (r)}}$$

Entonces la relación:

$$L/r = \frac{11.8 \text{ pulg}}{0.71 \text{ pulg}} = \mathbf{16.62}$$

Con este valor encontramos el valor **M** en la tabla (9)

TABLA N° 9

VALORES DEL FACTOR "M" (VER TABLA COMPLETA EN ANEXOS FACTOR M)

L/r	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	130	14.0	15.0	16.0	16.666
M	1.54	1.56	1.58	1.60	1.62	1.65	1.69	1.72	1.75	1.77

FUENTE: (DISEÑO Y CÁLCULO DE RECIPIENTES A PRESIÓN, ING JUAN MANUEL LEÓN ESTRADA, COLECCIÓN INGLESA 2001, PÁG. 15)

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Para luego interpolar, utilizando la ecuación (5)

Temperatura °F	S (100 lb/pulg²)
$X_a = 16.0$	$Y_a = 1.75$
$X = 16.62$	$¿?$
$X_b = 16.666$	$Y_b = 1.77$

Reemplazando.

$$Y_3 = 1.75 + (16.62 - 16.0) \frac{(1.77 - 1.75)}{(16,666 - 16.0)}$$

$$Y_3 = 1.75 + 0.62 \left(\frac{0.02}{0.666} \right)$$

$$Y_3 = 1.768$$

El Factor "M" es **1.768**, para nuestro cálculo.

Reemplazando en la ecuación (6) tenemos lo siguiente:

$$t_{tapa} = \frac{70 \frac{lb}{pulg^2} * 11.8 pulg * 1.768}{2 * 16900 \frac{lb}{pulg^2} * 1 - 0.2 * 70 \frac{lb}{pulg^2}}$$

$$t_{tapa} = \frac{1460.37 \frac{lb}{pulg}}{33800 \frac{lb}{pulg^2} - 14 \frac{lb}{pulg^2}}$$

$$t_{tapa} = \frac{1460.37 \frac{lb}{pulg}}{33786 \frac{lb}{pulg^2}}$$

$t_{tapa} = 0.043 pulg$ Este resultado está sin el margen de corrosión (CA), ahora con el (CA) tenemos.

$$0.043 pulg * 1/6 = 0.0072 pulg$$

$$t_{tapa} = 0.043 pulg + 0.0072 pulg$$

$$t_{tapa} = 0.05 pulg$$

Entonces se requiere (0.05 pulg.) de espesor.

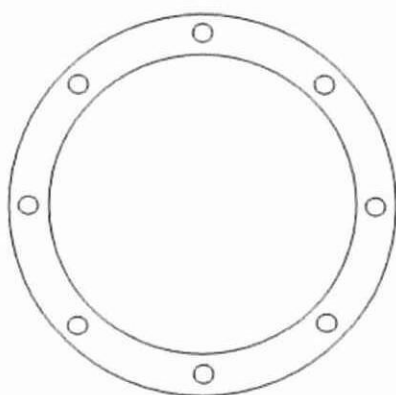
El espesor de la placa para construir la tapa también será de 6 mm al igual que el casco de acuerdo a recomendaciones de ¼ pulg como espesor mínimo para construcción de recipientes sometidos a presión.

3.5.1.4 Selección de la brida.

La tapa delantera es totalmente diferente que la posterior, su diferencia radica principalmente en que ésta no está unida mediante costura, sino más bien mediante pernos, lo que justifica que se pueda abrir o cerrar para poder ingresar el producto a esterilizar.

Para realizar esto se acoplará una brida tanto en el cuerpo como en la tapa, la disposición de de los agujeros se muestra en la fig. (19).

FIGURA N° 19
DISEÑO DE LA TAPA DELANTERA.



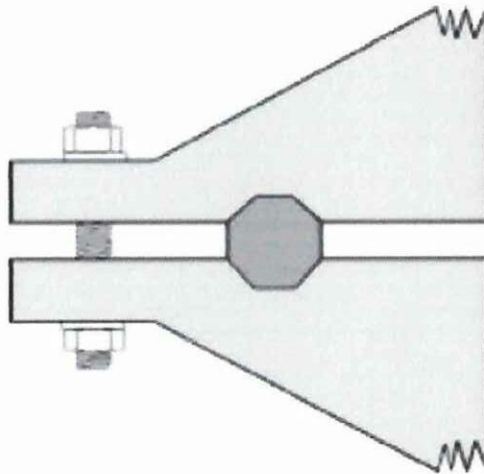
FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Las bridas será construida de acero inoxidable AISI 304, con el espesor recomendado del espesor de placa del cuerpo de la autoclave, esta selección se lo hizo debido a que la placa de cuerpo y tapa es de acero AISI 304, por ende podemos unirla mediante costura sin ningún problema.

Los ocho agujeros dispuestos en la forma de la brida tendrán un diámetro que permitan alojar pernos de acero 5/16 pulg de diámetro que son tomados como prueba para determinar la resistencia de los mismos en la presión de diseño a la que vamos a trabajar.

El tipo de brida es la llamada brida junta de anillo, también llamada anillo API, en el que una de las bridas tiene un canal para asentar la junta de anillo, en la fig. (20) se muestra este tipo de brida.

FIGURA N° 20
BRIDA DE JUNTA DE ANILLO



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

a. Cálculo de resistencia de la brida

Los diámetros interior y exterior son propuestos por los tesisistas, el objetivo del cálculo es determinar si las medidas propuestas de las bridas satisfacen sin deformarse y romperse con la presión a la que va a trabajar.

$$D_{ext} = 15.75 \text{ pulg}$$

$$D_{int.} = 11.81 \text{ pulg}$$

$$P = 70 \frac{lb}{pulg^2}$$

Aplicando la siguiente ecuación tenemos:

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{ec. 9})$$

Calculamos el área de la brida con la siguiente ecuación

$$A = \frac{\pi * (D_{ext.}^2 - D_{int.}^2)}{4} \quad (\text{ec. 10})$$

Reemplazando:

$$A = \frac{\pi * ((15.75 \text{ pulg})^2 - (11.81 \text{ pulg})^2)}{4}$$

$$A = \frac{341.14 \text{ pulg}^2}{4} \quad ; \quad A = 85.29 \text{ pulg}^2$$

Ahora despejando F de la ecuación (9) tenemos:

$$F = P * A \quad (\text{ec.11})$$

Reemplazando:

$$F = 70 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} * 85.29 \text{ pulg}^2$$

$$F = 5970.3 \text{ lb}$$

De acuerdo a la siguiente tabla (10) de características del acero AISI 304 tenemos:

TABLA N° 10
CARACTERÍSTICAS DEL ACERO AISI 304

	Resistencia a la tensión Kg/cm ²	Punto de cedencia Kg/cm ²	% Elogación en 50.8mm	Reducciones de área	Dureza a brinell
304 Recocido (1070 °C)	6025	2530	70	80	163
Estirado en frío	7240	5200	50	75	210
304L Recocido (1070 °C)	5275	2000	60	70	150
Kg/cm ² x 14.22 lbs./pulg ²					

FUENTE: IIRSACERO S.A de C.V. 2008
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Tomamos la resistencia a la tensión para el acero AISI 304 recocido:

$6025 \frac{kg}{cm^2}$ Convertimos a $\frac{lb}{pulg^2}$ tenemos

$$6025 \frac{kg}{cm^2} * \frac{2.205 lb}{1 kg} * \frac{1 cm^2}{0.1550 pulg^2} = 85710.48 \frac{lb}{pulg^2}$$

Ahora aplicando la presión máxima que puede soportar el material a la misma área de la brida tenemos:

$$F = P * A$$

$$F = 85710.48 \frac{lb}{pulg^2} * 85.28 pulg^2$$

$$F = 7309389.73 lb$$

Con esto determinamos que la brida diseñada puede soportar la fuerza a 70 psi de presión sin ningún problema.

Resistencia a la tensión del material	Brida propuesta
$P= 85710.48 \frac{lb}{pulg^2}$	$P= 70 \frac{lb}{pulg^2}$
$F= 7309389.73 lb$	$F= 5970.3 lb$

3.5.1.5 Selección de empaques

Para la selección del empaque, nos dirigimos directamente a la información técnica de algunos fabricantes, en donde obtenemos información del empaque a utilizarse, la empresa PARKER, nos describe algunas informaciones técnicas acerca de los empaques (O-RING).

INFORMACIÓN TÉCNICA (O-RING):

Un O-Ring es el elemento más accesible y eficaz para prevenir la fuga de fluidos bajo distintas condiciones de servicio. Sus principales ventajas son:

- Puede ser utilizado como sello estático y permite el sellado en todas las direcciones, radial, axial u oblicua.
- El fluido puede ser líquido o gaseoso, son de bajo precio relativo.
- Disponible en medidas y tolerancias normalizadas internacionalmente.
- Se dispone de una amplia variedad de dimensiones y compuestos.
- En muchos casos permiten su desarme y reutilización.
- Cierran en un amplio rango de presiones, temperaturas y tolerancias.
- Una vez instalados no requieren de ajustes durante su tiempo de vida útil.

En la siguiente tabla (11) se muestra el tipo de material designado por la norma ASTM de empaques de caucho industrial.

TABLA N° 11

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS (O-RING) (VER TABLA COMPLETA EN ANEXO 9)

Designación ASTM D2000-80 SAE J200	Compuesto Parker	Temperatura Admisible	Polímero Base	Dureza Shore A	Aplicación
M2 HK 710 A1-10 B37 B38 EF31 (Color marrón)	V3252-75A	-15° F a + 400°F -26°C a + 204°C	Fluoro Elastómero	75 75 +/- 5	Acidos inorgánicos. Compuestos aromáticos. Derivados del Benceno, Tolueno etc, Oxígeno Compuestos clorados (Tetracloruro de Carbono. Tricloroetileno. etc). Uso estático y dinámico.
M2 AA 810 A13 F17 EA 14 Z1 (Color negro)	E3014-80A	-70°F a + 300°F -57°C a + 149°C	Etileno Propileno	80 +/- 5	Fluidos para frenos de automotores. Vapor de agua Fluidos Hidraulicos base ésteres fosfatados. Acetona. Ozono. Uso estático y dinámico.

FUENTE: EMPRESA PARKER, DISPONIBLE EN:

<http://www.elhinel.com.ar/parker/catalogo%20o-ring.pdf>

Para nuestro diseño tomamos el tipo de O-RING M2 AA 810 A13 F17 EA 14 Z1 (Color negro) debido a sus características de temperatura y uso en vapor de agua. El diámetro escogido será de 4 mm, con lo cual se hará un canal de alojamiento para el o-ring en la brida unida al cuerpo.

3.5.2 Cálculo de fuerza de soporte de pernos en la tapa delantera.

A continuación se calcula la fuerza de los pernos que se utiliza para unir el cilindro con la tapa, para esto se debe seleccionar valores de prueba, se escoge un perno de clase SAE grado 1-2 con diámetro 0.315 *pulg.*

FIGURA N° 21
PERNO DE ACERO CLASE SAE



FUENTE: <http://www.pernogom.cl/productos.php>

Para calcular la resistencia del perno aplicamos la ecuación:

$$\tau = \frac{F}{n \cdot A} \quad (\text{ec. 12})$$

Donde:

τ = Resistencia del perno

n : Número de pernos.

A : Área del perno.

F : Fuerza aplicada al perno.

Para encontrar el (A) utilizamos la ecuación:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (\text{ec. 13})$$

Reemplazando:

$$A = \frac{\pi * (0.31 \text{ pulg})^2}{4}$$

$$A = 0.075 \text{ pulg}^2$$

Para encontrar la fuerza que existe en todo el recipiente aplicamos la ecuación:

$$P = \frac{F}{A_1} \quad (\text{ec. 14})$$

Donde:

P : Presión en todo el recipiente; 70 psi. Que es la presión de diseño.

F : Fuerza dentro del recipiente en todas partes.

A_1 : Área del recipiente.

Encontramos el área del recipiente con la siguiente ecuación:

$$A_1 = \pi * R^2 \quad (\text{ec. 15})$$

Sustituyendo tenemos:

$$A_1 = \pi * (5.91 \text{ pulg})^2$$

$$A_1 = 109.7 \text{ pulg}^2.$$

Ahora despejamos F de la ecuación (9) tenemos:

$$F = P * A_1 \quad (\text{ec. 16})$$

Reemplazando

$$F = 48 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^2} * 109.7 \text{ pulg}^2$$

$$F = 5265.6 \text{ lbs.}$$







Reemplazando en la ecuación (12) tenemos:

$$\tau = \frac{5265.6 \text{ lbs}}{8 * 0.078 \text{ pulg}^2} \quad \tau = 8438.46 \text{ p}$$

Valor que soportará cada perno con presión de diseño. Si tomamos en cuenta la tabla (12), demostramos que los pernos seleccionados son correctos.

TABLA N° 12

TABLA DE VALORES DE PERNOS DE ACERO GRADO SAE, COMPOSICIÓN Y ESFUERZO DE RUPTURA.

Marcado de pernos de acero grado SAE					
Número de grado SAE	Rango del diámetro [inch]	Carga de prueba [kpsi]	Esfuerzo de ruptura [kpsi]	Material	Marcado de la cabeza
1 2	¼ - 1½ ¼ - ¾ 7/8 - 1½	55 33	74 60	Acero de bajo carbono ó acero al carbono	
5	¼ - 1 1/8 - 1½	85 74	120 105	Acero al carbono, Templado y Revenido	
5.2	¼ - 1	85	120	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	
7	¼ - 1½	105	133	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8	¼ - 1½	120	150	Acero al carbono aleado, Templado y Revenido	
8.2	¼ - 1	120	150	Acero de bajo carbono martensítico, Templado y Revenido	

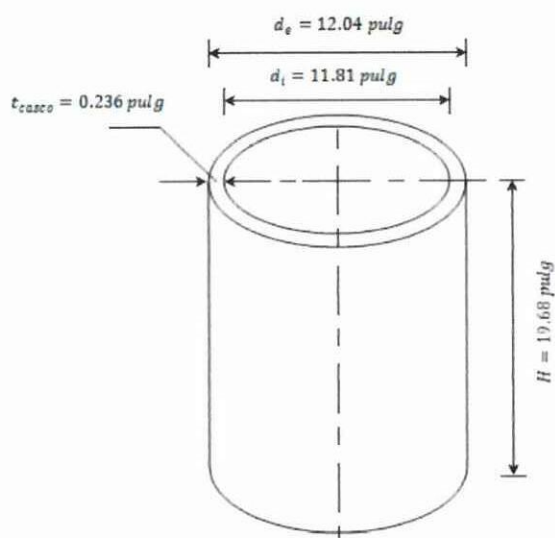
FUENTE: PONTÍFICA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y METALURGIA.

3.5.3 Cálculo del peso del acero en la autoclave.

3.5.3.1 Peso en el cuerpo del cilindro (casco)

Para el peso de la autoclave de diseño, las dimensiones quedan establecidas de la siguiente manera fig. (22).

FIGURA N° 22
DIMENSIONES DEL CUERPO (CASCO) DE LA AUTOCLAVE.



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

El cálculo del peso del acero en el cuerpo se realiza de la siguiente manera:

$$P_{\text{acero}} = \frac{\pi H}{4} (d_e^2 - d_i^2) * \rho_{\text{acero}} \quad (\text{ec. 17})$$

Donde:

H = altura.

d_e = Diámetro exterior del casco

d_i = Diámetro interior

ρ_{acero} = Densidad del acero ($7817 \frac{Kg}{m^3}$)

Convirtiendo $7817 \frac{Kg}{m^3}$ a $\frac{lbs}{pulg^3}$ tenemos:

$$7817 \frac{Kg}{m^3} = 0.28 \frac{lbs}{pulg^3}$$

Reemplazamos en la ecuación (17) tenemos:

$$P_{acero} = \frac{\pi * 19.69 \text{ pulg}}{4} ((12.28 \text{ pulg})^2 - (11.81 \text{ pulg})^2) * 0.28 \frac{lbs}{pulg^3}$$

$$P_{acero} = 49.03 \text{ lbs}$$

3.5.3.2 *Peso en las tapas*

Para el peso de las tapas, se puede obtener el valor aproximado en la tabla (13) del peso del acero en casco y cabezas de acero inoxidable AISI 304, de acuerdo a la medida del diámetro del recipiente; el valor del peso viene expresado en lbs. y el diámetro en pulgadas.

TABLA N° 13

EXTRACTO DE LA TABLA DE REPRESENTACIÓN DE PESO DE CASCO Y CABEZAS SEGÚN EL DIÁMETRO DEL RECIPIENTE, PARA ACEROS INOXIDABLES. (VER TABLA COMPLETA EN ANEXO 9)

PESO DE CASCOS Y CABEZAS										
DIÁMETRO DEL RECIPIENTE (pulg)	ESPESOR DE PARED									
	1/4"					5/16"				
	CASCO		CABEZA			CASCO		CABEZA		
	D.I.	D.E.	ELI P	B y C	HEMISF	D.I.	D.E.	ELIP	B y C	HEMISF
12	33	31	22	14	20	41	39	28	19	26
14	38	36	28	19	28	48	46	35	24	35
16	44	42	33	23	36	54	52	41	29	46

FUENTE: (MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN- DISEÑO Y CÁLCULO, Eugene F. Megyesy, Editorial Limusa, Grupo Noriega, pag. 361 "Peso de Cascos y Cabezas"),

En nuestro diseño el diámetro es de **11.8 pulg.** Y el valor aproximado en la tabla 3.8 es de **12pulg.**

Tomamos el valor de la tabla B y C que corresponde a tipos de cabezas bridadas y alabeadas, en nuestro caso torisféricas.

Según el (MANUAL DE RECIPIENTES A PRESIÓN- DISEÑO Y CÁLCULO, Eugene F. Megyesy, Editorial Limusa, Grupo Noriega, pag. 360 “Pesos” literal 3). “Para el peso real se toma el valor mostrado en la tabla más un 6% del valor del mismo valor”.

Entonces:

$$P_{tapas} = 14 \text{ lbs.} + 6\%$$

$$P_{tapas} = 14 \text{ lbs} + 0.84 \text{ lbs.}$$

$$P_{tapas} = 14.84 \text{ lbs}$$

Esto multiplicado por las dos tapas tenemos **29.68 lbs**

3.5.3.3 *Peso de las bridas:*

Para el peso de las bridas utilizamos misma ecuación (17)

$$P_{bridas} = \frac{\pi L}{4} (d_e^2 - d_i^2) * \rho_{acero}$$

Donde ahora:

$$P_{bridas} = \text{Peso de la brida}$$

L= longitud de la brida (0.24 pulg.)

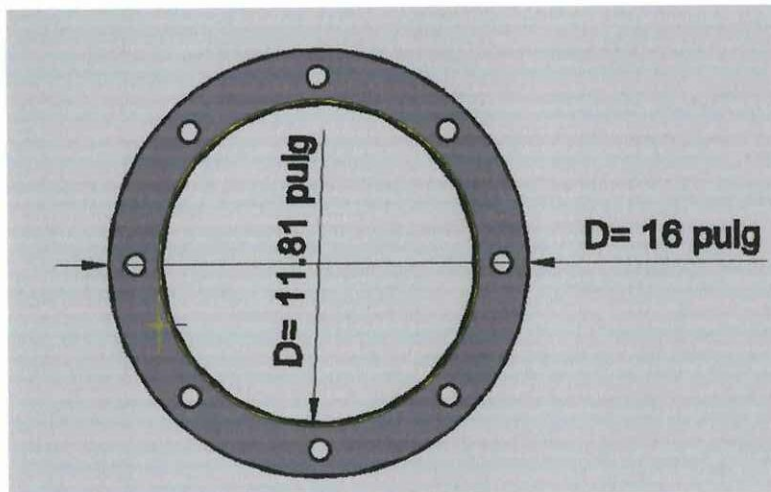
$$d_e = 16 \text{ pulg}$$

$$d_i = 11.81 \text{ pulg}$$

ρ_{acero} = densidad del acero ($0.28 \frac{lbs}{pulg^3}$)

En la fig. (23) se muestra las dimensiones de la brida:

FIGURA N° 23
DIMENSIONES DE LA BRIDA



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Sustituyendo la ecuación anterior tenemos:

$$P_{bridas} = \frac{\pi * 0.24 \text{ pulg}}{4} ((16 \text{ pulg})^2 - (11.81 \text{ pulg})^2) * 0.28 \frac{lbs}{pulg^3}$$

$$P_{bridas} = 0.19 \text{ pulg} (256 \text{ pulg}^2 - 139.48 \text{ pulg}^2) * 0.28 \frac{lbs}{pulg^3}$$

$$P_{bridas} = 6.2 \text{ lbs.}$$

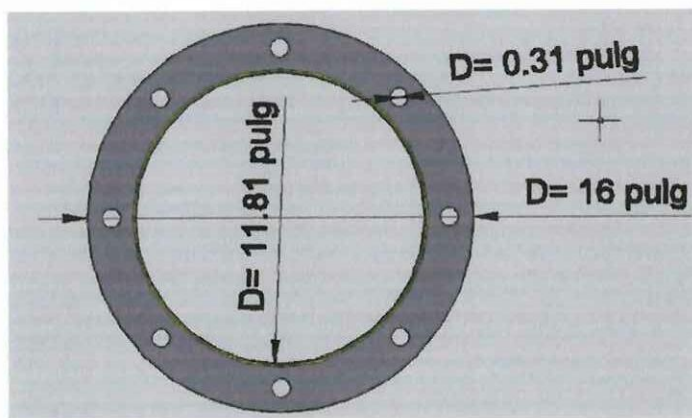
Esto multiplicado por dos tenemos **12.4 lbs**

Una vez obtenido el peso total de las bridas, debemos encontrar el peso de los agujeros de las dos bridas para restar al peso total.

3.5.3.4 Cálculo del peso de los agujeros en las bridas:

Para el cálculo de los agujeros en las bridas utilizamos la ecuación (17) mientras que en la siguiente fig. (24) se muestra las dimensiones.

FIGURA N° 24
DIMENSIONES DE LOS AGUJEROS EN LA BRIDA



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Donde ahora:

$$d_e = 0.31 \text{ pulg}$$

L= longitud de la brida (0.24 pulg.)

Reemplazando en la ecuación (17) tenemos:

$$P_{\text{agujeros}} = \frac{\pi * 0.24 \text{ pulg}}{4} ((0.31 \text{ pulg})^2 - 0) * 0.28 \frac{\text{lbs}}{\text{pulg}^3}$$

$$P_{\text{agujeros}} = 0.016 \text{ lbs}$$

Esto multiplicado por 16 agujeros. tenemos **0.26 lbs.**

Ahora restamos del peso total de las bridas obteniendo:

$$P_{T.\text{bridas}} = 12.4 \text{ lbs} - 0.26 \text{ lbs}$$

$$P_{T.\text{bridas}} = 12.14 \text{ lbs}$$

Peso total casco, tapas y bridas:

El peso total del casco, tapas y bridas esta bajo la expresión:

$$P_{casco} + P_{tapas} + P_{bridas}$$

$$49.03 \text{ lbs} + 29.68 \text{ lbs} + 12.14 \text{ lbs} = \mathbf{90.85 \text{ lbs}}$$

Entonces el (P_{total}) será de **90.85 lbs**.

3.5.4 Cálculo Termodinámico.

3.5.4.1 Cálculo de la masa del vapor en el cilindro

Para el cálculo de la masa de vapor en el cilindro se aplica la siguiente ecuación.

$$m = \frac{V}{v} \tag{ec. 18}$$

Donde:

m = Masa de vapor

V = volumen del recipiente

v = volumen específico del vapor saturado a 2.76 bar (40 psi)

Para encontrar el volumen específico del vapor saturado interpolamos tomando en cuenta la tabla (6) y la ecuación (5) para interpolar.

P. absoluta Bar	Volumen específico m^3/kg
$X_a = 2.613$	$Y_a = 0.689$
$X = 2.76$	$¿?$
$X_b = 2.813$	$Y_b = 0.643$

Reemplazando en la ecuación (5) tenemos:

$$Y_4 = 0.689 + (2.76 - 2.613) \frac{(0.643 - 0.689)}{(2.813 - 2.613)}$$

$$Y_4 = 0.655 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

El valor del volumen específico es

$$0.655 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Convirtiendo $0.655 \text{ m}^3/\text{Kg}$ a pulg^3/lb tenemos:

$$0.655 \text{ m}^3/\text{Kg} = 18168.44 \text{ pulg}^3/\text{lb}$$

Reemplazando en la ecuación (18) tenemos:

$$m = \frac{2336.47 \text{ pulg}^3}{18168.44 \frac{\text{pulg}^3}{\text{lb}}}$$

$$m = 0.129 \text{ lbs.}$$

La masa del vapor saturado en el volumen de la autoclave será de **(0.129 lbs.)**

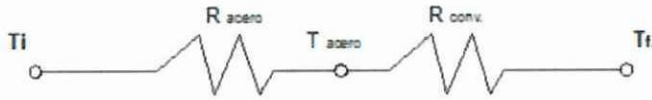
3.5.4.2 Balance de energía

a. Calor disperso en el casco

La siguiente formulación se relaciona con la cantidad de calor que se puede perder en el transcurso de una esterilización normal, para ello realizamos un análisis de lo siguiente; en la siguiente fig. (25) podemos explicar cómo está conformado el sistema de transferencia de calor en el casco de la autoclave, tomando en cuenta como si fuera una tubería porque el caso es similar debido a su constitución cilíndrica.

FIGURA N° 25

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN EL CASCO DE LA AUTOCLAVE



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Donde:

T_i = Temperatura en el interior de la autoclave, °F

R_{acero} = Resistencia térmica del acero del casco por conducción

T_{acero} = Temperatura interfase del casco y del aislante, °F

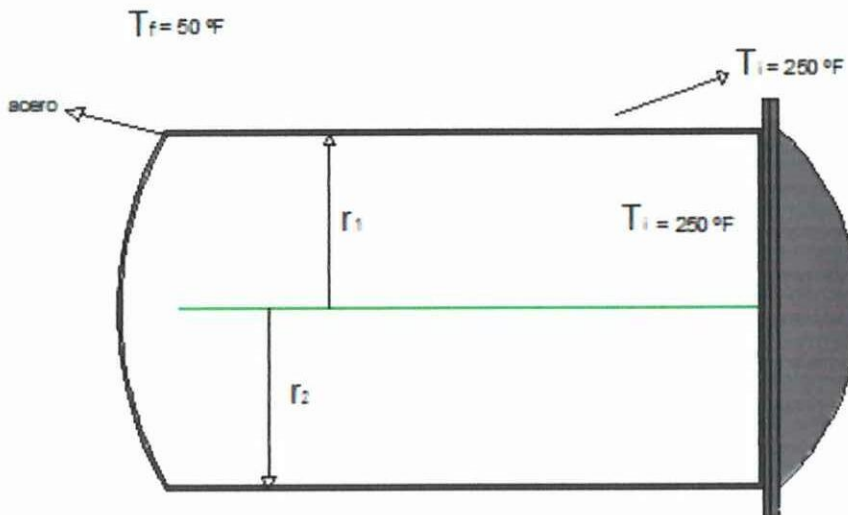
$R_{conv.}$ = Resistencia térmica por convección libre,

T_f = Temperatura del medio ambiente °F

Q = Calor disperso

FIGURA N° 26

CASCO DE LA AUTOCLAVE.



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Para el cálculo de calor disperso en el casco se hace referencia a que:

$$Q_{disperso} = \frac{\Delta T}{\sum R} \quad \text{ó} \quad Q_{disperso} = \frac{T_i - T}{R_{conducc\ acero} + R_{convec.natural}} \quad (\text{ec. 19})$$

En donde él:

$$R_{conducc.acero} = \frac{\ln \frac{r_{exter.}}{r_{int}}}{2 \pi k L}$$

$$R_{conv.} = \frac{1}{2 \pi * r_{exter.} * L * h}$$

Entonces para calcular el calor disperso en el casco viene dado por la siguiente ecuación.

$$Q_{disp.casco} = \frac{T_i - T}{\frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2 \pi k_{acer.} L} + \frac{1}{2 \pi r_2 L h_{conv.}}} \quad (\text{ec.20})$$

Donde:

T_i = Temperatura inicial (250 °F)

T_f = Temperatura final (50 °F)

r_1 = Radio interior (5.91 pulg)

r_2 = Radio exterior (6.14 pulg)

k_{acero} = Calor específico del acero ($0.042 \frac{BTU}{h^{\circ}F.pulg}$)

h = Coeficiente de conductividad térmica ($0.00065 \frac{BTU}{h^{\circ}F.pulg^2}$)

L = longitud del casco (19.69 pulg)

Reemplazando datos tenemos que:

$$Q_{disp.casco} = \frac{(250 - 50)^{\circ}F}{\frac{\ln \frac{6.14 \text{ pulg}}{5.91 \text{ pulg}}}{2 \pi * 0.042 \frac{BTU}{h^{\circ}F.pulg} * 19.69 \text{ pulg}} + \frac{1}{2 \pi * 6.14 \text{ pulg} * 19.69 \text{ pulg} * 0.00065 \frac{BTU}{h^{\circ}F.pulg^2}}}$$

$$Q_{disp.casco} = \frac{200 \text{ }^{\circ}\text{F}}{\frac{0.038}{5.19 \frac{\text{BTU}}{\text{h }^{\circ}\text{F}}} + \frac{1}{0.080 \frac{\text{BTU}}{\text{h }^{\circ}\text{F}}}}$$

$$Q_{disp.casco} = \frac{200 \text{ }^{\circ}\text{F}}{0.007 \frac{\text{h }^{\circ}\text{F}}{\text{BTU}} + 12.5 \frac{\text{h }^{\circ}\text{F}}{\text{BTU}}}$$

$$Q_{disp.casco} = \frac{200 \text{ }^{\circ}\text{F}}{12.507 \frac{\text{h }^{\circ}\text{F}}{\text{BTU}}}$$

$$Q_{disp.casco} = 15.99 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

Esto multiplicado por 8 horas de trabajo que va a estar sometida la autoclave el calor disperso será de **127.92 BTU**

b. Calor disperso en tapas:

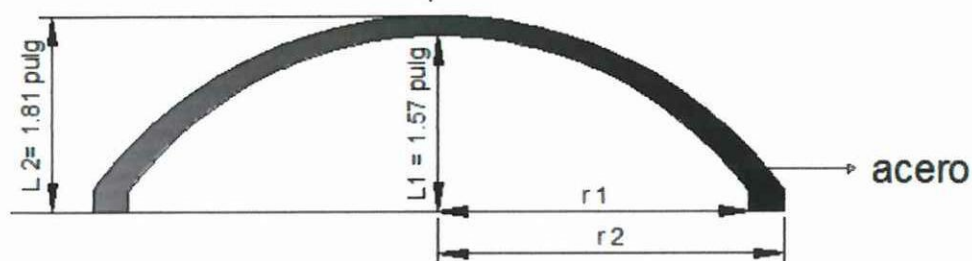
Para el cálculo del ($Q_{disp.tapas}$) aplicamos la misma ecuación (20)

Donde ahora :

$$L_1 = 1.57 \text{ pulg}$$

$$L_2 = 1.81 \text{ pulg}$$

FIGURA N° 27
TAPA DE LA AUTOCLAVE



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR.

Sustituyendo datos tenemos:

$$Q_{disp.tapas} = \frac{250^{\circ}F - 50^{\circ}F}{\frac{\ln \frac{6.14 \text{ pulg}}{5.91 \text{ pulg}}}{2\pi * 0.042 \frac{BTU}{h^{\circ}F \cdot \text{pulg}} * 1.57 \text{ pulg}} + \frac{1}{2\pi * 6.14 \text{ pulg} * 1.81 \text{ pulg} * 0,00065 \frac{BTU}{h \cdot ^{\circ}F \cdot \text{pulg}^2}}}$$

$$Q_{disp.tapas} = \frac{200^{\circ}F}{\frac{0.038}{0.41 \frac{BTU}{h^{\circ}F}} + \frac{1}{0.045 \frac{BTU}{h^{\circ}F}}}$$

$$Q_{disp.tapas} = \frac{200^{\circ}F}{0.093 \frac{h^{\circ}F}{BTU} + 22.22 \frac{h^{\circ}F}{BTU}}$$

$$Q_{disp.tapas} = \frac{200^{\circ}F}{22.313 \frac{h^{\circ}F}{BTU}}$$

$$Q_{disp.tapas} = 8.96 \frac{BTU}{h}$$

Multiplicado por 8 horas tenemos 71.68 BTU y por las 2 tapas tenemos que

$(Q_{disp.tapas})$ Será de **143.36 BTU**

c. Calor disperso en bridas:

Para el cálculo del $(Q_{disp.bridas})$ utilizamos la misma ecuación (20)

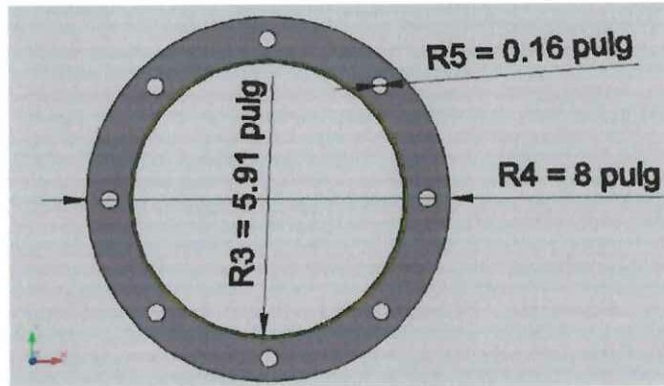
Donde ahora:

$$r_3 = 5.91 \text{ pulg}$$

$$r_4 = 8 \text{ pulg}$$

$$L_3 = 0.24 \text{ pulg} \quad (\text{Esta longitud es determinada por el espesor de la lámina})$$

FIGURA. 28
BRIDA DEL CUERPO Y TAPA.



FUNTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELAVORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

$$Q_{disp.bridas} = \frac{T_i - T}{\frac{\ln \frac{r_4}{r_3}}{2\pi k_{acer} L_3} + \frac{1}{2\pi r_4 L_3 h_{conv.}}}$$

Reemplazando tenemos:

$$Q_{disp.bridas} = \frac{250^\circ F - 50^\circ F}{\frac{\ln \frac{8 \text{ pulg}}{5.91 \text{ pulg}}}{2\pi * 0.042 \frac{BTU}{h^\circ F \cdot \text{pulg}} * 0.24 \text{ pulg}} + \frac{1}{2\pi * 8 \text{ pulg} * 0.24 \text{ pulg} * 0.00065 \frac{BTU}{h \cdot ^\circ F \cdot \text{pulg}^2}}}$$

$$Q_{disp.bridas} = \frac{200^\circ F}{\frac{0.30}{0.06 \frac{BTU}{h^\circ F}} + \frac{1}{0.008 \frac{BTU}{h^\circ F}}}$$

$$Q_{disp.bridas} = \frac{200^\circ F}{5 \frac{h^\circ F}{BTU} + 125 \frac{h^\circ F}{BTU}}$$

$$Q_{disp.bridas} = \frac{200^\circ F}{130 \frac{h^\circ F}{BTU}}$$

$$Q_{disp.bridas} = 1.54 \frac{BTU}{h}$$

Esto multiplicado por 8 horas y por las 2 bridas tenemos que:

$$Q_{disp.bridas} = 24.64 \text{ BTU.}$$

Nota: El calor disperso en las bridas está determinado sin tomar en cuenta los agujeros en la misma, para el cálculo no afectaría puesto que la pérdida de calor en los agujeros no es muy considerable para tomarle en cuenta.

3.5.4.3 Calor necesario para calentar el producto alimenticio enlatado.

Para calcular el calor necesario para calentar el enlatado utilizamos la siguiente ecuación

$$Q_{caracol} = m_{caracol} * C_{p \text{ caracol}} * \Delta T \quad (\text{ec. 21})$$

Donde

$$C_{p \text{ caracol}} = \text{Calor específico } (0.12 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}})$$

$$m_{caracol} = \text{masa de los enlatados (18 enlatados de 500 gr. =19.84 lbs.)}$$

$$\Delta T = \text{Incremento de temperatura (250}^\circ\text{F} - 50^\circ\text{F)}$$

Reemplazando en la ecuación (21) tenemos:

$$Q_{caracol} = 19.84 \text{ lbs.} * 0.12 \frac{\text{BTU}}{\text{lb } ^\circ\text{F}} * (250^\circ\text{F} - 50^\circ\text{F})$$

$$Q_{caracol} = 476.16 \text{ BTU}$$

Entonces el calor necesario para calentar el producto alimenticio enlatado de caracol es de **476.16 BTU**

3.5.4.4 Calor necesario para calentar el acero de la autoclave.

Para calcular el calor necesario para calentar el acero necesitamos encontrar la masa del acero tanto casco y tapas, y tener el dato del calor específico del acero y el incremento de la temperatura de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Q_{acero} = m_{tapas-acero} * C_p_{acero} * \Delta T \quad (\text{ec. 22})$$

Donde:

$$C_p_{acero} = 0.46 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$$

ΔT = Incremento de temperatura $250^{\circ}F - 50^{\circ}F$

m_{acero} = Masa del acero (**90.85 lbs**).

Convirtiendo $0.46 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C}$ a $\frac{BTU}{lbs^{\circ}F}$ tenemos:

$$C_p_{acero} = 0.006 \frac{BTU}{lbs^{\circ}F} \text{ (VER CUADRO DE CÁLCULO EN ANEXO 11)}$$

Reemplazando en la ecuación (22) tenemos:

$$Q_{acero} = 90.85 lbs * 0.006 \frac{BTU}{lbs^{\circ}F} * (250^{\circ}F - 50^{\circ}F)$$

$$Q_{acero} = 109.02 BTU$$

Calor necesario para calentar el acero de la autoclave será de **109.02 BTU** .

3.5.4.5 Cantidad de calor necesario para realizar una esterilización.

Para calcular la cantidad de calor necesaria se debe sumar la cantidad de calor para calentar: acero, tapas, producto alimenticio y acero-tapas.

Este cálculo está bajo la expresión

$$Q_{total} = Q_{disp.casco} + Q_{disp.tapas} + Q_{caracol} + Q_{acero}$$

Sustituyendo datos tenemos:

$$Q_{total} = 127.92 \text{ BTU} + 143.36 \text{ BTU} + 24.64 \text{ BTU} + 109.02 \text{ BTU}$$

$$Q_{total} = 881.1 \text{ BTU}$$

Entonces la cantidad de calor para realizar una esterilización será de **881.1 BTU**

3.5.4.6 Cálculo de la cantidad de vapor por esterilización.

En este equipo, se calcula la cantidad de vapor necesario para realizar una esterilización normal, tomando en cuenta la conformación de toda la autoclave y del producto a esterilizar.

La cantidad de vapor se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{total} = m_{vapor} + \lambda_{vapor} \quad (\text{ec. 23})$$

Donde

Q_{total} = Cantidad de vapor

m_{vapor} = Masa de vapor

λ_{vapor} = Entalpia de vapor

Para encontrar la λ_{vapor} (entalpía del vapor) se toma de la tabla 6 y se interpola tomando los valores para una presión de 40 psi y su temperatura de 130.71°C:

Temperatura (°C)	λ_{vapor} (KJ/kg)
$X_a = 128.89$	$Y_a = 2718.9$
$X = 130.71$	$i?$
$X_b = 131.37$	$Y_b = 2722.4$

Reemplazando en la ecuación (5) tenemos:

$$Y_4 = 2718.9 + (130.71 - 128.89) \frac{(2722.4 - 2718.9)}{(131.37 - 128.89)}$$

$$Y_4 = 2718.9 + (130.71 - 128.89) \frac{(3.5)}{(2.48)}$$

$$Y_4 = 2721.47 \text{ KJ/kg}$$

Entonces la entalpia de vapor será $2721.47 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}}$

Convirtiendo este resultado a $\frac{\text{BTU}}{\text{lbs}}$ tenemos

$$2721.47 \text{ KJ/kg} = 1170.17 \frac{\text{BTU}}{\text{lbs}}$$

(VER CUADRO DE CÁLCULO EN ANEXO 11)

Una vez obtenida la entalpía de vapor despejamos de la ecuación (23) la masa de vapor:

$$m_{vapor} = \frac{Q_{total}}{\lambda_{vapor}} \quad (\text{ec. 24})$$

Reemplazando tenemos:

$$m_{vapor} = \frac{811.1 \text{ BTU}}{1170.17 \frac{\text{BTU}}{\text{lbs}}}$$

$$m_{vapor} = 0.75 \text{ lbs.}$$

Entonces la cantidad de vapor por esterilización será de **0.75 lbs.**

3.5.5 Diseño eléctrico para el funcionamiento automático de la autoclave.

En tiempos pasados, el manejo de la autoclave se lo realizaba manualmente, tanto en tiempos de esterilización como en regulación de la temperatura; se lo hacía a base de un operador que le correspondía abrir o cerrar las válvulas de ingreso de vapor hasta alcanzar la temperatura adecuada y el tiempo mediante reloj para luego interrumpir el ingreso de vapor y abrir la válvula de desfogue.

Esto hoy en día se lo puede reemplazar con la tecnología, razón por la cual se realiza el siguiente diseño eléctrico.

3.5.5.1 Descripción de funcionamiento:

En la esterilización de enlatados de caracol se necesita tener una temperatura de 250 °F la cuál variará respectivamente con la presión y como medio calefactor se va a utilizar vapor saturado procedente de una caldera.

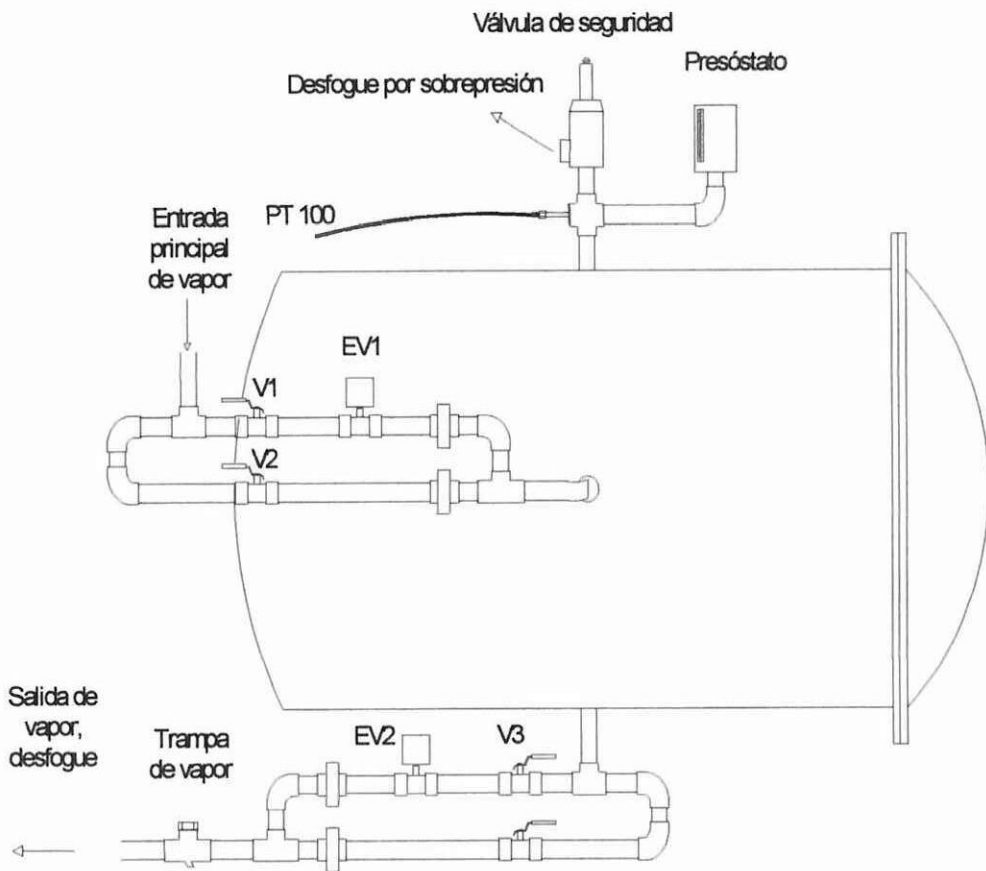
Al ingresar vapor a la autoclave desplazaremos el aire existente en el interior, esto es importante para poder lograr que la temperatura suba a la deseada; tendrá que pasar aproximadamente 1 min. de entrada de vapor con la válvula de desfogue abierta, luego de este tiempo tendrá que cerrarse la válvula de desfogue y comenzará a subir la temperatura con la válvula de entrada de vapor abierta y con la trampa de vapor en el desfogue, al llegar la temperatura a 250 °F la válvula de ingreso de vapor se cerrará y comenzará el conteo del tiempo de esterilización; transcurrido el tiempo de esterilización, la válvula de desfogue se abrirá para poder liberar el vapor a presión que existe en el interior del recipiente.

El tiempo para esterilizar lo determinará el operario, el ingreso de vapor en el tiempo en que comienza el conteo de esterilización se abrirá o cerrará de acuerdo a la necesidad para que se mantenga constante la temperatura de esterilización.

En la fig. (29) Se muestra el esquema de tubería de entrada y salida de vapor, así también la disposición de los elementos mecánicos y eléctricos que intervienen en este diseño.

FIGURA N° 29

ESQUEMA DE TUBERÍAS PARA INGRESO DE VAPOR A LA AUTOCLAVE



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

La tubería utilizada es normada, toda la tubería es de acero negro cédula 40 de media pulgada de diámetro, los acoples son también de acero negro colocados con teflón y Permatex como sellante en el momento de secarse.

3.5.5.2 Diseño del circuito eléctrico.

El presente diseño eléctrico está basado principalmente para controlar dos variables en el tiempo, las variables son temperatura en el interior del recipiente y la presión de vapor saturado en el mismo.

La presión es proporcional con la temperatura, a más temperatura mayor presión; es indispensable controlar la temperatura para controlar la presión.

El exceso de presión en un recipiente es muy peligroso debido a que podría estallar, razón por lo cual se incorporara dos medidas de protección tanto mecánica como eléctrica.

3.5.5.3 Descripción de elementos eléctricos a utilizarse

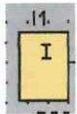
Se detallan a continuación los elementos empleados para poder realizar el circuito de diseño.

- **EV1**, electroválvula de entrada de vapor; normalmente cerrada.
- **EV2**, electroválvula de desfogue de condensado y vapor; normalmente cerrada que cuando recibe señal eléctrica se abre, tanto EV1 como EV2.
- **Presóstato**, elemento de acción mecánica, que al llegar a la presión seteada abre o cierra sus contactos eléctricos.
- **Control de temperatura**, elemento electrónico utilizado para interpretar la señal enviada por un sensor de temperatura, y que se puede divisar en un display, el control dispone de relés internos que se accionan o apagan de acuerdo a una programación.

- **Termocupla**, sensor de temperatura que envía una señal eléctrica al control de temperatura, éste valor varía con la temperatura.
- **Mini plc LOGO! 240 RC**, es un elemento electrónico llamado mini PLC, es programable mediante lenguajes de programación gráfico como compuertas, dispone de 8 entradas y 4 salidas y un display para visualizar el programa (ver Anexo1, detalle técnico del logo 240V RC.)
- **Pulsador, paro – marcha**, elemento eléctrico que se utiliza para señales mediante pulsación manual, es un pulso breve dependiendo de cuánto se demore la pulsación manual. Los contactos que poseen pueden ser normalmente abierto o cerrado.
- **Paro de emergencia**, elemento eléctrico de seguridad, dispone de un contacto normalmente cerrado que al accionarlo se abre, con lo cuál interrumpe un proceso.
- **Conductor eléctrico**, material constituido principalmente de cobre, su función transportar energía eléctrica, su disposición está a longitud y cubierto con aislante eléctrico en su contorno.
- **Protección eléctrica**, elemento de protección, ayuda a evitar sobrecorrientes que pudieren existir en un circuito, y con ello protegemos a los elementos eléctricos de corrientes no deseadas.
- **Trampa de vapor**, elemento mecánico destinado a eliminar condensado de agua de algún recipiente que contenga vapor de agua en su interior, trabaja como un flotador, al existir agua activa un mecanismo pequeño por donde se desfoga el agua, y se cierra cuando hay presencia de vapor.
- **Terminal eléctrico**, elemento que se utiliza en los extremos de los cables de conexión.

a. **Detalle del programa logo:**

El programa está diseñado por bloques, los cuales tienen su significado:



Este bloque representa una entrada en el Logo:

I1 representa el inicio de todo el ciclo de trabajo, este activa a las 2 electroválvulas tanto de ingreso y salida de vapor.

I2 representa la segunda entrada en el logo, esta señal viene procedente del control de temperatura cuando ya haya alcanzado a la temperatura seteadada (AH), cuando hay señal comienza el tiempo de esterilización, si está seteado en 15 min, pasará el tiempo y no se podrá habilitar válvulas hasta no resetearle para comenzar un nuevo ciclo.

I3 entrada al logo, señal que procede del control de temperatura (AL), ésta señal se activará siempre y cuando comience el tiempo de esterilización, existirá señal cuando baje la temperatura de la seteadada, activará a la electroválvula EV1 para ingresar vapor y así mantener la temperatura constante.

I4 representa una entrada procedente del paro de emergencia, al activarlo cerrará la electroválvula de entrada de vapor y abrirá la válvula EV2 para evacuar vapor.

I5 señal emitida por el presóstato, cuando manda la señal activará a EV2 y desactivará a EV1.

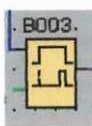
I6 es el reset para comenzar todo un ciclo en cualquier etapa, cuando se haya terminado un ciclo de esterilización siempre hay que resetearle para comenzar todo nuevamente.



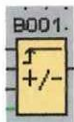
Q1 y Q2 son las salidas del logo, se activarán de acuerdo al programa y condiciones diseñadas.

Q1 señal de salida que activará a EV1

Q2 señal de salida que activará a EV2



B003, bloque del programa que representa un temporizador de retardo a la conexión, al activarlo nos da el tiempo de esterilización.



B001 y B004 son bloques que representan en el programa contadores de señal hacia adelante.

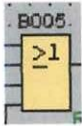


B008 y B010 son bloques que representan a una compuerta AND, esta compuerta tendrá una salida de 1 siempre y cuando todas las señales de entrada esté activas, de lo contrario no, en la siguiente tabla (14) se muestra la tabla lógica en función AND.

TABLA N° 14
LÓGICA DE LA FUNCIÓN AND

Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Entrada 4	Salida
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR



B005, B006, B007 y B012 representan bloques de compuertas OR, tiene una salida de 1 si cualquier entrada está activada, en la siguiente tabla (15) se muestra la tabla lógica en función OR .

Puede tener hasta 4 entradas digitales cualquiera siendo un uno entonces la salida será un uno digital.

TABLA N° 15
LÓGICA DE LA FUNCIÓN OR

Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Entrada 4	Salida
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

3.5.5.5 Controlador de temperatura.

El controlador de temperatura es un elemento electrónico, su función controlar la temperatura en un proceso.

La señal que recibe viene desde un sensor de temperatura (Termocupla, PT100, etc.) que envía una señal en milivoltios en el caso de termocuplas, y resistencia eléctrica en el caso de las PT100, dicha señal es interpretada por el controlador y es reflejada en el display.

El controlador no solo es utilizado como lector y visualizador de temperatura, sino también para poder controlar determinado valor, por ejemplo mantener constante una temperatura de 100 °C con resistencias en un horno, etc. Esto se lo hace mediante la programación interna del controlador que dispone de relés internos para poder controlar dicho valor y mediante el ingreso de datos para configurar dicho programa a nuestras necesidades.

En el diseño se toma al control de temperatura marca SHIMADEN serie SR 64, sus principales características:

- Una salida principal.
- Dos alarmas, AH y AL, límite superior y límite inferior respectivamente.
- Control PID y ON- OFF.

Para nuestro caso, la utilización de las dos alarmas son muy importantes, tanto para activar el tiempo de esterilización y como para controlar la temperatura seteada.

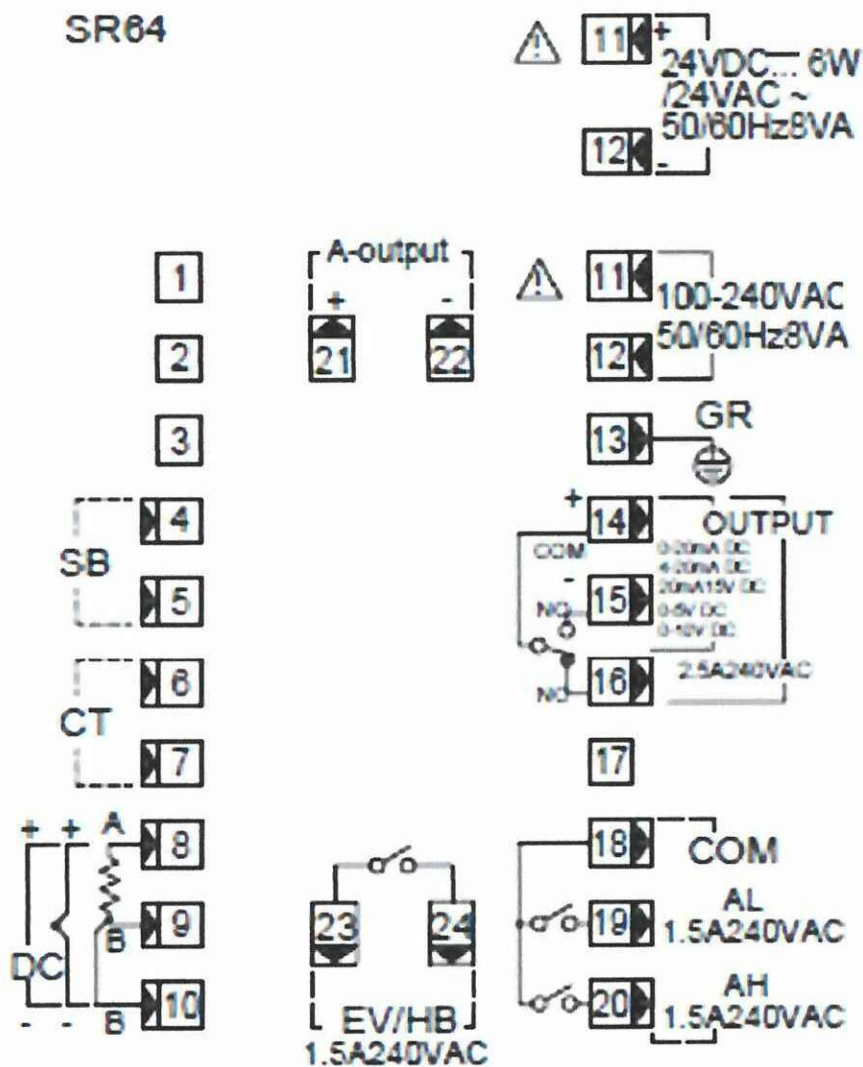
Un controlador de temperatura necesita básicamente insertar en su programa ciertos datos para poder trabajar de una forma eficiente:

- Ingresar el tipo de sensor de temperatura a utilizarse.
- El valor en donde las alarmas se encenderán.
- Tipo de control, puede ser ON-OFF ó PID.
- Ingresar el valor de las variables en caso del control PID: banda proporcional, integral y derivativa.

En la fig. (31) se observa la disposición de los contactos del controlador, las alarmas vienen dispuestas: contacto 18 común, contacto 19 AL normalmente abierto, contacto 20 AH normalmente abierto.

FIGURA N° 31

CONTACTOS DE CONEXIÓN DEL CONTROLADOR SHIMADEN



FUENTE: CATALOGO SHIMADEN

ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

Control ON-OFF.- Llamado así específicamente porque en un determinado valor de temperatura seteado, abre o cierra sus contactos eléctricos sin margen de error.

Control PID.

Es el control proporcional-integral-derivativo, es un control utilizado en la regulación automática de los procesos, su aplicación viene determinada por dos características principales:

- Cambios en la variable controlada debido a alteraciones en las condiciones del proceso y llamados generalmente cambios de carga.
- El tiempo necesario para que la variable de proceso alcance un nuevo valor al ocurrir un cambio de carga.

La acción correctora es determinada por tres factores:

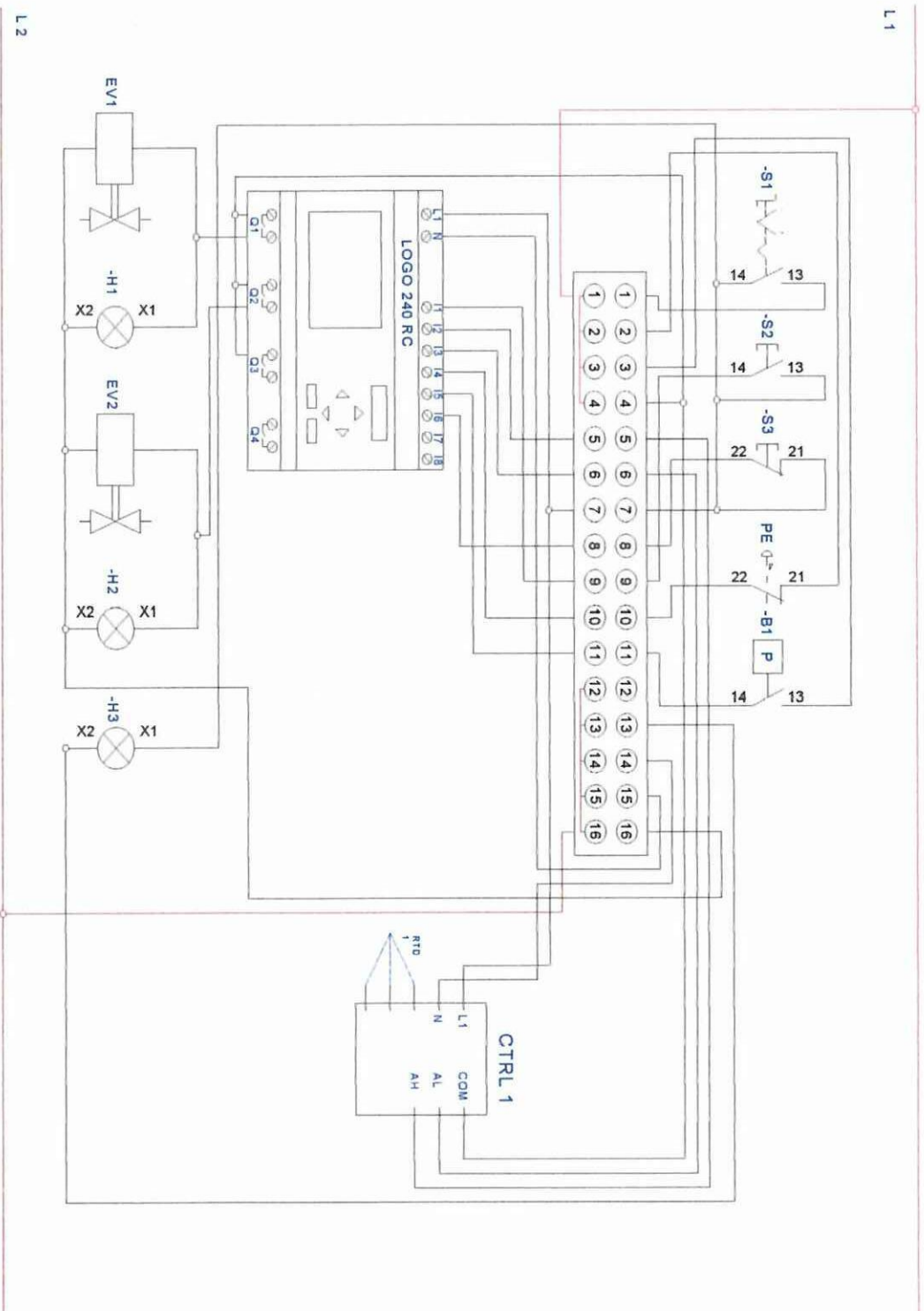
- 1) La magnitud del error. Esta es la parte proporcional.
- 2) La integral con respecto al tiempo de la señal de error, en otras palabras la magnitud del error multiplicada por el tiempo que ha permanecido. Esta es la parte integral.
- 3) La razón de tiempo de cambio del error, un rápido cambio en el error produce una acción correctora mayor que un cambio lento en el error. Esta es la parte derivativa.

3.5.5.6 Plano eléctrico del mando automático de la autoclave.

El siguiente plano eléctrico realizado está basado en las Normas IEC 10821, La norma IEC 1082-1 define y fomenta los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos eléctricos.

El uso de las normas internacionales elimina todo riesgo de confusión y facilita el estudio, la puesta en servicio y el mantenimiento de las instalaciones (Fig. 32).

FIGURA Nº 32
ESQUEMA ELÉCTRICO



Especificaciones:

- L1, L2: alimentación a 220 V
- S1 : selector de dos posiciones
- S2 : pulsador NA.
- S3 : pulsador NC.
- PE: paro de emergencia NC
- B1 : contacto NC accionado por un presétato.
- EV1: electroválvula # 1.
- EV2: electroválvula # 2.
- H1 : lámpara de señalización incorporada en el pulsador de marcha y paro, indicador de encendido de EV1.
- H2 : lámpara de señalización, indicador de encendido de EV2.
- H3 : lámpara de señalización incorporada en el selector de dos posiciones, indicador de encendido general.
- CTRL1: control de temperatura SHIMADEN, disposición de contactos.
- RTD 1: sensor de temperatura PT100.

3.5.5.7 Funcionamiento:

Al accionar -S1 a la posición #2 encendemos el controlador de temperatura y LOGO.

Al pulsar -S2 iniciamos el ciclo de trabajo, donde EV1 se accionará permitiendo la entrada del vapor, el tiempo transcurrirá hasta que la temperatura alcance a la necesaria, una vez alcanzado la temperatura, AH envía una señal al Logo para que comience el ciclo de esterilización (tiempo seteado en el logo), al terminar este ciclo, el Logo manda a abrir EV2 para que se desfogue el vapor interno en la cámara de la autoclave, con esto se termina todo el ciclo de trabajo.

Las protecciones como PE (paro de emergencia) y B1 (contacto del presóstato), al ser accionados abortarán el ciclo de trabajo, abrirá EV2 para desfogar el vapor, para reiniciar el ciclo de trabajo hay que resetear pulsando -S3.

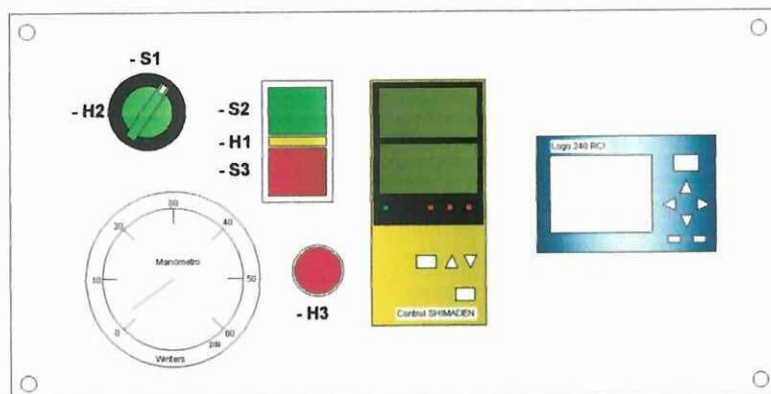
-H1 se enciende cuando EV1 está accionada.

-H2 se enciende cuando EV2 está accionada.

-H3 se enciende al accionar -S1.

En la fig. (33) se ve la disposición de los elementos de mando en el panel de control de la autoclave.

FIGURA N° 33
PANEL DE CONTROL



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR
ELABORACIÓN: GRUPO INVESTIGADOR

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se tratará básicamente los resultados obtenidos, una vez concluido el correspondiente análisis de datos, diseño y selección de los diferentes elementos que constituyen la (AUTOCLAVE), además se detallará en tablas y gráficos los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento, por último se enunciará las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de tesis.

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

La construcción de la máquina no representó gran dificultad, se lo realizó en un taller metal mecánico, a continuación se detallan algunos equipos, herramientas, materia prima, elementos seleccionados, que se utilizó para la construcción.

4.1.1 Máquinas y Equipos

Las maquinas y equipos que se utilizaron para la construcción de la autoclave fueron:

Cizalla, baroladora, moladora, esmeril, torno, soldadora eléctrica (TIG), oxicorte, cortadora por plasma, taladro vertical y manual, equipo de pintura, todos empleados en el taller mecánico rentado.

4.1.2 Herramientas

Brocas, disco de corte y desbaste, escuadras, limas, martillo, llaves, rayador, compas de trazo, llaves de tubo, alicate, destornilladores, navaja,

4.1.3 Instrumentos de Medición

Calibrador pie de rey, flexómetro, escuadras, termómetro digital, multímetro.

4.1.4 Materia prima.

La materia prima principal para la construcción del equipo es la plancha de acero inoxidable AISI 304 1220x2440x6 mm y 1.5 mm

Tubería de acero inoxidable AISI 304 cédula 40 de ½". y tubería de acero negro ½" para la conexión de vapor.

4.1.5 Elementos normalizados y seleccionados mecánicos.

- Pernos acero AISI 304,
- O-ring lineal con espesor 4mm.
- Acoples para tubería ½", ¼" de acero negro.
- Acoples de cobre.
- Electrodo AGA 6011 y E380.

4.1.6 Listado de elementos que se construyeron.

Cuerpo de la autoclave, tapas, brida, sistema de tubería, tablero y base para el control eléctrico.

4.1.7 Elementos eléctricos utilizados en el control eléctrico.

- LOGO 230 RC
- Controlador de temperatura SHIMADEN SR60.
- Electroválvulas de vapor NC NPT ½" a 220 V.
- Presostato regulable 0-150 PSI
- Cable eléctrico # 16 y # 14.
- Selector de dos posiciones y un pulsador paro-marcha.

4.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.3.1 Pruebas de Funcionamiento

Una vez construida la maquina se procedió con las pruebas respectivas del equipo, basándose en el protocolo de pruebas con la finalidad de comparar los datos obtenidos con los datos de diseño.

Estas pruebas se los realizo en la empresa de lácteos Parmalat situada en el sector de Lasso - Latacunga, puesto que nuestra maquina necesita vapor saturado para realizar la operación de esterilización.

La presión de vapor utilizada para la prueba de la autoclave fue de 120 psi, procedente de una caldera de 300 BHP industrial.

La presión de vapor de entrada se la controló con una válvula reguladora para alcanzar una presión de 60-80 psi. La potencia de 300 BHP no es necesaria para el funcionamiento de la autoclave ya que para el calentamiento de la misma se necesita muy poco vapor.

4.3.1.1 Procedimiento de pruebas

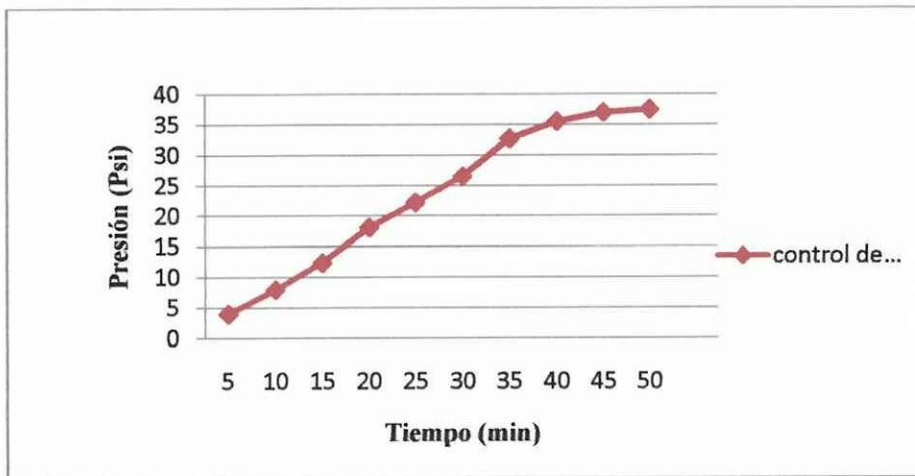
En esta parte se detalla los pasos que seguimos para realizar las pruebas del funcionamiento de la autoclave:

1. Se trasladó la autoclave a la empresa Paramalat, y se realizó las conexiones de tubería para ingreso y salida de vapor, se realizó además la conexión eléctrica para su funcionamiento.
2. Encendido del equipo.
3. Abertura de la válvula principal de vapor.
4. Realizamos la prueba con vapor poniendo en marcha el equipo de acuerdo a la descripción de funcionamiento de la autoclave.
5. Confirmamos que no haya fugas de vapor tanto en tuberías, tapa con O-ring, en las costuras de la autoclave.
6. Verificamos presión y temperatura en el recipiente, para comprobar los datos obtenidos con los cálculos realizados.
7. Comprobamos el funcionamiento automático de la autoclave, las protecciones tanto eléctrica y mecánica que estén bien calibradas.
8. Sacamos conclusiones del funcionamiento del equipo cuando realizamos la esterilización sin enlatados y con enlatados.

En las siguientes figuras se refleja los datos obtenidos después de realizar pruebas

En la fig. (34) se aprecia los valores de presión obtenidos mediante la visualización del manómetro en el transcurso del tiempo. La válvula principal de vapor abierta a una presión constante de 70 psi

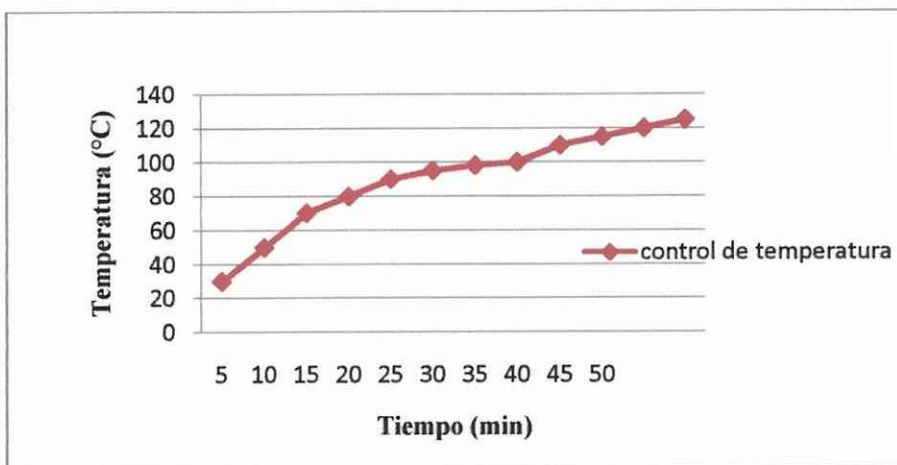
FIGURA N° 34
RESULTADO DEL CONTROL DE PRESIÓN



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR.

En el controlador se obtuvieron los valores mostrados en la fig. (35), donde se puede apreciar el ascenso de temperatura en función del tiempo en el interior del recipiente.

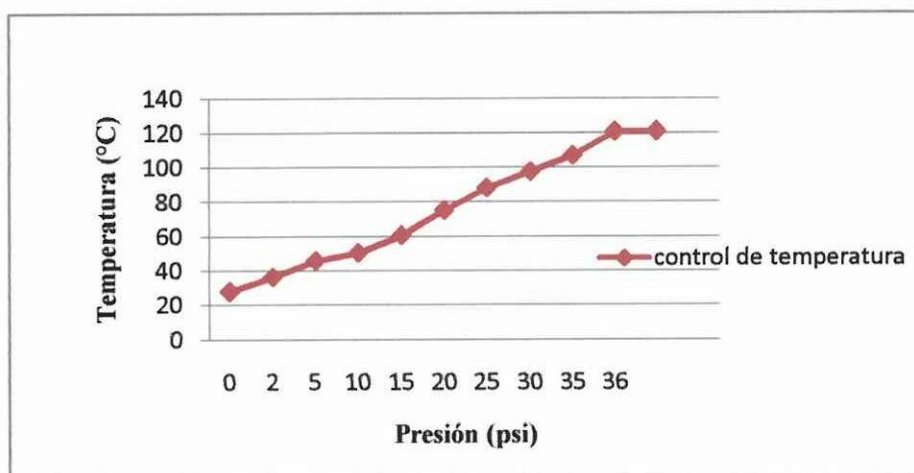
FIGURA N° 35
RESULTADO DEL CONTROL DE TEMPERATURA



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR.

En la fig. (36), se muestra la relación presión – temperatura del vapor saturado en el interior del recipiente.

FIGURA N° 36
RELACIÓN PRESIÓN-TEMPERATURA



FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR.

Como se pudo apreciar en las tablas, la presión y la temperatura tienden a tener relación directa, mayor temperatura mayor presión, en el caso del tiempo no se puede decir que hay relación directa entre tiempo y presión y también tiempo y temperatura, no lo podemos controlar el tiempo exacto.

En las pruebas se pudo comprobar que la existencia de condensado dentro del recipiente afecta mucho en la temperatura interna, se tuvo que adoptar una medida para eliminar ese condensado, se incorporó en el desfogue una trampa de vapor.

Después de corregir el detalle de eliminación de condensados se comenzó a realizar las pruebas respectivas, se conectó el vapor con una presión regulada de 60-80 psi, la prueba se le realizó en primera instancia sin enlatados en el interior.

A continuación se muestra la tabla de resultados después de realizar las pruebas correspondientes, ésta temperatura es la que sube hasta alcanzar la temperatura de esterilización de 121 °C.

TABLA 16

RESULTADOS DE PRUEBAS DE LA AUTOCLAVE SIN ENLATADOS

CUADRO DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS SIN ENLATADOS		
PRESIÓN (psi)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (m)
00	27,7	00
00	36,0	6
2	45,6	7
5	50,3	8
10	60,5	9
15	75,0	12
20	88,0	17
25	97,5	24
30	107,0	35
35	120,7	52
36	121,0	60

FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

TABLA 17

RESULTADO DE PRUEBAS DE LA AUTOCLAVE CON ENLATADOS

CUADRO DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LAS PRUEBAS CON 18 ENLATADOS		
PRESIÓN (psi)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (m)
00	27,7	00
5	30,0	15
10	40,0	20
20	60,0	37
30	75,5	45
35	90,0	60
37	102,0	70
40	107,0	75
43	112,5	80
45	119,8	85
46	121,0	90

FUENTE: GRUPO INVESTIGADOR

4.3. RESUMEN DE COSTOS EMPLEADOS EN EL DESARROLLO DE LA TESIS.

TABLA N°18
GASTOS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN.

MATERIAL	COSTO
Plancha acero inoxidable AISI 304 – E=6mm	\$ 720
Media plancha acero inoxidable AISI 304 – E= 2mm	\$ 50
Tubería de acero inoxidable AISI 34 cédula 40 de ½”	\$ 20
Pernos y tuercas 5/16 (8 unidades) acero inoxidable .	\$ 15
Tubería de cobre 1/2m	\$ 7
Acoples rápidos de cobre	\$ 15
Acoples para conexión de tuerías	\$ 30
Logo 240RC	\$ 147
Controlador de temperatura Shimaden SR64	\$ 100
Manómetro de glicerina 0-60 psi	\$ 25
Selector de 2 posiciones con luz	\$ 3
Pulsador ON-OFF con luz piloto	\$ 5
Cable eléctrico # 16 (20m)	\$ 10
Válvula de alivio de resorte	\$ 20
PT100	\$ 60
Marquillas	\$ 10
Cable eléctrico #16*3 (10m)	\$ 10
Terminales	\$5
Electroválvulas de vapor (2)	\$ 350
Valor total	\$ 1602

GASTOS DE OFICINA.

DESCRIPCIÓN	COSTOS
Impresiones y anillos	\$ 50
Internet y consultas	\$ 40
Uso del computador	\$10
Transportes de los tesisistas	\$50
Valor total	\$ 150

GASTOS DE MANO DE OBRA.

DESCRIPCIÓN	COSTO
Soldadura, barolada, corte, y construcción del recipiente en un taller electromecánico	\$ 700
Transporte del recipiente	\$ 40
Valor total	\$ 740

TOTAL DE GASTOS

GASTOS	VALORES
Materiales para la construcción	\$ 1602
Mano de obra	\$ 740
Oficina	\$ 150
Gastos totales	\$ 2492

CONCLUSIONES

- Una vez realizado este trabajo se concluye que se ha alcanzado los objetivos propuestos al inicio, esto es haber diseñado y construido un equipo de esterilización con un control automático para el centro de producción SALACHE de la UTC y haber contribuido al desarrollo de la tecnología en los laboratorios,
- En este trabajo se determinan tres parámetros a controlar dentro de la autoclave (presión, temperatura, tiempo) consecuentemente es de mucha importancia conocer el rango de valores de estos parámetros, así como las consecuencias que podría ocasionar al sobrepasar los límites fijados.
- Los parámetros que se necesitaron para determinar el diseño y la construcción de la autoclave, son esenciales para la construcción del cuerpo y tapas de la autoclave, con la presión y la temperatura determinamos el espesor del material a utilizarse, de igual forma determinamos que tipo de material vamos a emplear para la construcción, en nuestro caso para evitar corrosiones en el tiempo, el material idóneo el acero AISI 304.
- La variación de la temperatura al interior de la autoclave es un proceso bastante lento, a comparación de la variación de presión que es un proceso rápido.
- Al incluir un sistema automático de control, se logra mejorar el control y el monitoreo de la autoclave dando a conocer el estado interno del sistema, por medio de las entradas y salidas así como la evolución de las señales controladas (temperatura, presión y tiempo). Gracias a esta interfaz es posible detectar fallas y por lo tanto se puede mejorar el sistema.
- Los cálculos obtenidos para el espesor del casco y tapas de la autoclave se un valor relativamente bajo de 0.034 y 0.05" respectivamente, por lo que no se construyó con el espesor de cálculo, sino con el recomendado por la Norma ASME, que es como mínimo de 1/4" cuando son calderas de vapor de agua sin exposición a fuego directo.

- La presión y temperatura van proporcionalmente unidas, concluimos que cuando existe condensado en el interior de un recipiente y no se lo desfoga, la presión comienza a subir pero la temperatura no sube, en este caso tuvimos que adicionar una trampa de vapor la cual nos ayudó a eliminar el condensado encerrado, y quedar solamente el vapor saturado dentro del recipiente, con esto se cumplió la relación de presión y temperatura del vapor saturado de acuerdo a tablas.
- La relación presión-temperatura del vapor saturado se cumple cuando el recipiente está vacío sin carga, en 30 psi aproximadamente se logró obtener una temperatura de 250 °F; pero al momento de probar la autoclave con veinte enlatados de sardina de 500 gr. se logró obtener la temperatura de 250 °F pero a una presión de 45 psi, podemos ver la gran diferencia.
- El tiempo necesario para calentar la autoclave desde frío es de una hora, cuando la autoclave está vacía; en cambio cuando está con enlatados se demoró una hora y cuarenta y cinco minutos. La conclusión es obvia, los enlatados necesitan más tiempo para poder adquirir el calor necesario para esterilizar a través de la transferencia de calor.
- En la disposición de enlatados hay que dejar un pequeño espacio entre enlatados y cesto debido que con la temperatura los enlatados se dilatan y chocan entre sí produciéndose deformaciones y hasta rotura.
- El control automático es una ventaja en este diseño, ya que con solo encender en el panel de control y programar el tiempo necesario, el trabajo se realiza solo al activarse y desactivarse las electroválvulas de ingreso y salida de vapor.

RECOMENDACIONES

- **La autoclave es diseñada para que funcione con vapor saturado procedente de una caldera, con presión constante mínima de 50 psi.**

- Al trabajar con recipientes a presión, los elementos de seguridad como válvulas de alivio y presostatos deben ser de gran confiabilidad, ya que si no funcionan cuando se requiera la presión subirá hasta el punto de que el recipiente podría estallar causando graves lesiones al operario y personas que estén trabajando, y en ocasiones graves hasta la muerte.
- Una cosa es el trabajo automático de la autoclave, pero esto no quiere decir que la autoclave va a trabajar sola sin ninguna supervisión del operario, nadie puede garantizar que los elementos que lo conforman vayan a fallar en algún instante, se recomienda siempre estar pendiente cuando se realice la esterilización con la autoclave.
- Para operar la autoclave se recomienda primeramente leer el manual de operación y mantenimiento, el personal debe tener una capacitación previa del funcionamiento de la máquina.
- Para cualquier trabajo de reparación o mantenimiento, se recomienda que realice el trabajo una persona capacitada.

BIBLIOGRAFÍA

CONSULTADA

1. ALVARADO Juan; et al; “Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados” 2009.
2. CARVALLO Juan; et al. 2003 “Válvula Selenoide” departamento de ingeniería electrónica, Universidad Técnica Federico Santa María (Chile).
3. CÓDIGO ASME para Calderas y recipientes a presión
4. EMPRESA “Thyssen Thyseenkrupp” Aceros y Servicios S.A Catálogo comercial.
5. GUÍA PARA LA UTILIZACIÓN SEGURA DE ELEMENTOS DE SELLADO 2000 “Juntas y Bridas” publicación de la ESA/FSA N ° 009/98
6. HOLMA J.P. “Transferencia de Calor” 8ª Edición Mc-Graw Hill 2000
7. LLAMAS José María “Alimentos enlatados” Edit. ANDAD
8. MARTÍN Juan Manuel; 2008 Apuntes de diseño de máquinas” segunda edición. Edit. Club Universitario.
9. MARAÑA Juan Carlos “Instrumentación de control de procesos” 2005, edit. IDOM.

10. MANUAL DE DISEÑO PARA ACERO INOXIDABLE ESTRUCTURAL
Tercera edición 2006
11. MOTT Robert “Diseño de elementos de máquinas” Cuarta edición.
12. NORMA DGE “Símbolos Gráficos en electricidad” 2002
13. TUBOCOBRE S.A “Boletín técnico” Nomenclatura AISI/SAE.
14. TECNOLOGÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES S.A Gerencia Técnica.
15. RESNICK Robert; et al; 2001 “Física Vol. 1” Cuarta Edición Compañía Editorial Continental.
16. ROJAS Marcelo 2002 “Manual de investigación y redacción científica”
Lima-Perú 2002. Tercera edición.
17. SHIGLEY Joseph Edward “Diseño en Ingeniería Mecánica” Curta edición
Cámara Nacional de la Industria Editorial
18. YUNUS A. Çengel “Termodinámica”, Tomo1 segunda Edición, Colección
MC Graw Hill; pag. 54)

CITADA

19. ALVARADO JUAN; et al; 2008 “Fenomenología de la esterilización de
alimentos líquidos enlatados” Edit. EUNED 2008, Pág. 88, 89.
20. AMERLING Carolina; “Tecnología de la carne” Edit. EUNED (2000 Pág.
88, 89) (2001 Pág. 62).

21. CALLISTER William D., Jr.; 2007 "Introducción a la Ingeniería de los Materiales I" Edit. Reverté, S.A. Barcelona España.
22. CARRANZA R. 2001 "Automatización: Tópicos de Instrumentación y Control". Edición 2001.
23. GÁLVEZ Albert 2000 "Manual de la Desinfección y la Esterilización" 2000, Pág. 48.
24. GRIMANEY Jorge Cosc, "Controles eléctricos y autómatas" 2008.
25. HOLMAN J. P. 1998 "Transferencia de Calor" Octava Edición (Primera en Español) Editora: Concepción Fernández Madrid.
26. HOLZBOCK W. G. 2000 "Instrumentación para medición y control". Publicaciones C.E.C. S.A
27. JAMES M. et. al; "Mecánica de Materiales" Séptima Edición
28. LEÓN Estrada Juan Manuel; 2001 "Diseño y Calculo de Recipientes a Presión" Edit. Inglesa Ingeniería León S.A de C.V México Edición 2001 Pág.10-11-15-16.
29. LIBONATI Miguel; 2006 "Procedimientos para la Gestión de la Calidad, Seguridad e Higiene en Alimentos". Edit. Fehgra y CFI, 1ª edición (2006, Pág. 25)
30. MAFART, P 1994 "Ingeniería Industrial alimentaria" Edit. Acribia, Zaragoza, 1994 Volumen I
31. MANUAL DE LOGO; A5E00067783 01 Siemens, Edición 2005, Páginas 1-120.

32. MANUFACTURA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA; Cuarta Edición 2002
Edit. Pearson Educación de Mexico, S.A. De C.V.
33. MARAÑA Juan Carlos “Instrumentación y Control de Procesos Área
técnica: Industria y Energía” Edit. IDOM, Edición 2005; Pág. 12-13-20
34. MARTÍN Juan Manuel; 2008 “Apuntes de diseño de Maquinas” Edit. Club
Universitario 2008, 2ª edición Pág. 22-26.
35. MEDINA RAMÓN “Instrumentación industrial” (2007 Capitulo I Pág. 6,
11, Capítulo III Pág. 28)
36. MEGYESY Eugene F.; 2000 “Manual de recipientes a presión” Edit.
Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. 1ª Edición México Pág. 9-
12- 14- 15-152-166
37. MEGYESY Eugene F.; 1992 “Recipientes a presión diseño y calculo” Edit.
Limusa, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores 1992
38. MOTT Robert L; 2006 “Diseño de Elementos de máquinas” Edit. Pearson
Educación Mexico 2006, Cuarta Edición. Pag. 03-11.
39. PERE Molera; 2000 “Metales Resistentes a la Corrosión” Colección
Productica MARCOMBO,S.A. 2000
40. ROSALER Robert C; et al; 2001 “Manual de Mantenimiento Industrial”
Edit. McGraw-Hill. Tomo III
41. SEOÁNEZ Calvo Mariano “Tecnología de Alimentos” Ediciones Multi-
Prensa 2002.
42. SHRI K. Sharma. et al; 2003“Ingeniería de alimentos” 1ª Edición Edit.
Limusa, S.A de C.V Grupo Noriega editores pág. 79-82.

43. SMITH William; 1998 “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales”. Tercera Edición, España, Editorial Mc Graw Hill, 1998.
44. TECNOLOGÍAS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS “Esterilización de alimentos” Universidad Argentina de la Empresa
45. TORTORA Gerard J. et al; 2007 “Introducción a la Microbiana” 9ª edición Editorial Medica Panamericana 2007 Pág. 54-56.
46. YUNUS A. Cengel “Termodinámica”, Tomo I Segunda Edición, Colección MC Graw Hill; pag. 54)
47. ZEMANSKY, Mark W, “Calor y termodinámica” 2002.

INTERNET

48. AMORIM Sebastian (2006)
<http://www.monografias.com/trabajos/aceros/aceros.shtml>
<http://www.monografias.com/trabajos/aceros/aceros.shtml>
49. BOTTA Ricardo (Técnico en electromedicina – químico. 2004).
http://www.monografias.com/trabajos24/esterilizacionlaboratorio/esterilizacion_laboratorio.shtml
http://www.tecnopackplastics.com/web/_pdf/catalogo_autoclaves_esteriliacionpasteurizacion_tecnopack_plastics.pdf
50. CAROLI ENRIQUE JOSÉ
<http://www.monografias.com/trabajos11/valvus/valvus.shtml>
51. DANFOS.com
http://www.fidemar.com.uy/catalogos/danfoss/agua/Valvulas_solenoideasindustriales.pdf
52. EMPRESA ARGENTINA CIDI & ASOCIADOS

- “Soluciones en el ámbito de producción de las industrias Farmacéutica, Veterinaria, Alimenticia y Equipos de esterilización”.
- <http://www.biocidi.com.ar/autoclavealimentos.htm>
53. EMPRESA MEDICAL HEALTH STORE, S. A. DE C. V.,
<http://www.mhstore.com.mx/autoclaves/>
54. FERNANDEZ Sevilla José María; 2004 “Tecnología de Alimentos” Edit. Last Saved (2004)
<http://www.ual.es/~jfernand/TA/Tema8/Tema8-Esterilizacion.pdf>
<http://www.galesh.us/index.htm>
55. FLUSSER Vilém “Filosofía Del Diseño” 2007
<http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o>.
56. GUTIÉRREZ DE GAMBOA Sofía; 2001.
http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_farmacia/catedraMicro/1_0_Esterilizaci%C3%B3n_por_calor_seco.pdf.
57. “INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CELAYA AVE. TECNOLÓGICO Y ANTONIO GARCÍA CUBAS S/N, C.P. 38010, CELAYA, GTO. MÉXICO”.
<http://centraltrust.net/ivanbohman/productopdf/ACEROSSESPECIALES-WEB.pdf>
58. ISAIAS CRUZ, (2000).
<http://www.monografias.com/trabajos3/recipe/recipe.shtml>.
59. LLAMAS José María (Alimentos Enlatados)
<http://refrinoticias.com/articulos/enlatas.htm>
<http://www.antad.org.mx/articulos/enlatados.pdf>
<http://www.portalrefrigeracion.com/articulos/enlatas.htm>

60. MOTT Robertl., P.E. DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS
<http://www.inoxidablesmt.com.ec/prod02.htm>.

61. QUIMINET 2007.
http://www.quiminet.com/ar0/ar_aasdzgtaddsa-como-funciona-el-autoclave.htm
<http://apsacapacitacion.cl/autoclaves/como-funciona-el-autoclave.php>.

62. RIVEROS Sandra 2000
<http://www.enfermeraspabellonyesterilizacion.cl/trabajosvapor.pdf>
consultado el 26-01-11.

63. SOULE Carlos L. 2006 “Instituto Nacional De Tecnología Industrial”
(<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc36/inti5.php>)

64. SCORZA RICARDO A, 2000
<http://www.talleriscj.com.ar/material/Mecanica/Materiales/Aceros.pdf>

65. <http://www.biocidi.com.ar/autoclavealimentos.htm> consultado el 25-01-11

66. <http://www.juvasa.com/conservas/tag/esterilizacion/> consultado el 01-01-11

67. http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Pressure_vessel consultado el 01-2-11

68. http://ec.kalipedia.com/informatica/tema/elementos-sistema-control-automatico.html?x1=20070821klpinginf_83.Kes

69. <http://www.juvasa.com/conservas/tag/esterilizacion/> consultado el 01-01-11

70. http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/Pressure_vessel consultado el 01-2-11

71. <http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/manometros-de-presion.htm>.