



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECÁNICA**

**ELABORACIÓN DE PLANOS Y SIMULACIÓN DE UNA MARMITA PARA  
PASTEURIZAR LECHE CON CAPACIDAD DE 250 LITROS, PARA LA COMUNIDAD  
DE ALASPUNGO, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE NONO PROVINCIA DE  
PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIERO MECÁNICO**

**INGENIERA MECÁNICA**

**AUTOR: BRAYAN RODRIGO CÁRDENAS SANDOVAL**

**AUTORA: ALICIA LILIANA TOASA TOPA**

**TUTOR: MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

Quito – Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval con documento de identificación N° 0504337312 y Alicia Liliana Toasa Topa con documento de identificación N° 1752982023; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 21 de julio del año 2022

Atentamente,



.....  
Alicia Liliana Toasa Topa

1752982023



.....  
Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval

0504337312

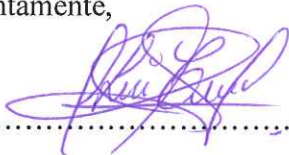
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval con documento de identificación No. 0504337312 y Alicia Liliana Toasa Topa con documento de identificación No. 1752982023, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores de la Propuesta Tecnológica: “Elaboración de planos y construcción de una marmita para pasteurizar leche con capacidad de 250 litros, para la comunidad de Alaspungo, perteneciente a la parroquia de Nono provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de julio del año 2022

Atentamente,



Alicia Liliana Toasa Topa

1752982023



Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval

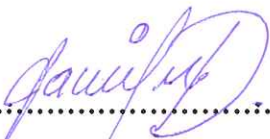
0504337312

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Salomón Jami Lema con documento de identificación N° 1707254171, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ELABORACIÓN DE PLANOS Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MARMITA PARA PASTEURIZAR LECHE CON CAPACIDAD DE 250 LITROS, PARA LA COMUNIDAD DE ALASPUNGO, PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE NONO PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval con documento de identificación N° 0504337312 y por Alicia Liliana Toasa Topa con documento de identificación N° 1752982023, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Propuestas Tecnológicas que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de julio del año 2022

Atentamente,

  
.....  
Ing. Milton Salomón Jami Lema M.Sc.

1707254171

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Rodrigo Cárdenas y Martha Sandoval quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Mis hermanas: Jenny, Heidy y Wendy por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme cuando más los necesito, y especialmente a Liliana que con ella hemos sido un excelente equipo y hemos logrado todos nuestros objetivos y trabajos juntos, por extenderme su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre la llevo presente en mí.

**Brayan Rodrigo Cárdenas Sandoval**

Dedico este trabajo a Dios que me ha brindado sabiduría y fortaleza ante momentos adversos que atravesé en este proceso. A mis amados padres: Manuel Toasa y Alicia Topa que con todo su amor y paciencia me han apoyado incondicionalmente y han hecho de mí una mujer con valores y ética. A mi querida hermanita Grace Carolina quien es mi compañera de vida y apoyo ante cualquier circunstancia. Son mi hermosa familia, mi pilar fundamental, la razón de mi esfuerzo y superación personal y profesional.

A mi abuelito Rafael Topa que con su cariño en el tiempo que lo tuve conmigo me hizo la nieta más feliz, sé que desde el cielo me cuida y está orgulloso de mis logros.

Finalmente, a Brayan al ser un pilar en este trabajo, por sus palabras de ánimo, amor y fortaleza que nos permitió culminar este escrito y así como muchos otros logros que hemos tenido juntos, también a mis amigos con quienes hemos sido apoyo durante este proceso.

**Alicia Liliana Toasa Topa**

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	1
Problema.....	1
Importancia y alcance.....	2
OBJETIVOS.....	2
Objetivo General .....	2
Objetivos Específicos .....	3
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO .....	4
1.1 Industria láctea .....	4
1.2 Leche entera .....	4
1.2.1 Componentes de la leche entera cruda .....	5
1.2.2 Importancia del análisis de lácteos .....	7
1.2.3 Deposito de la leche .....	8
1.3 Pasteurización de la leche.....	9
1.3.1 Temperatura de pasteurización.....	10
1.3.2 Enfriamiento de la leche pasteurizada.....	11
1.3.3 Microorganismos.....	11
1.4 Tipos de leche.....	11
1.4.1 Leche en polvo .....	11
1.4.2 Leche evaporada.....	12
1.4.3 Leche cuajada .....	12
1.5 Derivados lácteos .....	12
1.5.1 Leche fermentada o yogurt.....	12
1.5.2 Mantequilla.....	13
1.5.3 Queso.....	14
CAPÍTULO II .....	16
ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	16
2.1 Marmita .....	16
2.1.1 Estructura de la marmita.....	17

2.1.2 Partes esenciales de una marmita .....	18
2.1.3 Funcionamiento .....	19
2.2 Tipos de marmitas .....	19
2.2.1 Marmita a gas .....	19
2.2.2 Marmita a vapor .....	20
2.2.3 Marmita eléctrica.....	21
2.3 Agitador.....	22
2.3.1 Clasificación de agitadores.....	23
2.3.2 Alternativas de selección para agitadores.....	25
2.4 Motor reductor.....	26
2.5 Recipientes enchaquetados.....	26
2.5.1 Acero Inoxidable .....	27
2.5.2 Soldadura TIG .....	28
CAPÍTULO III .....	30
CÁLCULOS Y DISEÑO .....	30
3.1 Diseño del equipo.....	30
3.2 Material seleccionado para la construcción de la marmita.....	30
3.3 Diseño del tanque .....	31
3.3.1 Dimensiones del tanque.....	31
3.3.2 Selección del espesor del tanque .....	33
3.3.3 Camisa del tanque .....	34
3.3.4 Vertido del fluido .....	35
3.3.5 Cubierta del tanque.....	35
3.3.6 Cálculo de fuerzas en el tanque.....	36
3.4 Diseño de las palas planas .....	37
3.4.1 Cálculos de la longitud de las palas.....	37
3.4.2 Ancho de las palas.....	37
3.4.3 Distancia entre el fondo y el rodete.....	38
3.5 Diseño del eje agitador .....	39
3.5.1 Datos de diseño bajo cargas estáticas.....	40
3.5.2 Diseño a fatiga.....	42
3.5.3 Sistema de agitación.....	45
3.5.4 Cálculo en la potencia del agitador .....	46

3.5.5 Sistema del control del motor.....	48
3.6 Diseño de la estructura de soporte.....	49
3.7 Diseño del sistema de generación de calor.....	52
3.8 Análisis térmico.....	53
3.8.1 Análisis de variación de energía interna.....	54
3.8.2 Cálculo de transferencia de calor con los alrededores.....	56
3.9 Simulación y resultados.....	59
3.9.1 Análisis computacional de las fuerzas ejercidas en el tanque .....	59
3.9.2 Desplazamientos.....	60
3.9.3 Simulación de esfuerzos en el tanque.....	61
3.9.4 Esfuerzos de Von Mises .....	61
3.9.5 Análisis de desplazamientos.....	62
3.9.6 Análisis de deformaciones unitarias.....	63
CAPÍTULO IV .....	64
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	64
4.1 Costos .....	64
4.1.1 Presupuesto directos e indirectos.....	64
4.2 Lista de costos directos.....	65
4.2.1 Materia prima .....	65
4.2.2 Proceso de manufactura y mecanizado.....	66
4.2.3 Elementos estandarizados.....	66
4.2.4 Instalación .....	68
4.2.5 Presupuesto total de costos directos .....	68
4.3 Lista de costos indirectos .....	69
4.4 Presupuesto total del equipo.....	70
4.5 Propuestas económicas de empresas fabricantes de marmitas .....	71
CONCLUSIONES .....	72
RECOMENDACIONES .....	73
ANEXOS.....	80



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Puntos principales del estudio de alimento</i> .....	8
<i>Figura 2. Tanque de almacenamiento de leche</i> .....	8
<i>Figura 3. Esquema de elaboración del yogurt</i> .....	13
<i>Figura 4. Flujograma de procesamiento de queso</i> .....	15
<i>Figura 5. Marmita cilíndrica a gas y sistema de volteo</i> .....	17
<i>Figura 6. Formas de diseño en Marmitas</i> .....	17
<i>Figura 7. Partes de una marmita</i> .....	18
<i>Figura 8. Marmita a Gas</i> .....	20
<i>Figura 9. Marmita a Vapor abierta</i> .....	21
<i>Figura 10. Marmita Eléctrica Electrolux</i> .....	22
<i>Figura 11. Tipos de agitadores</i> .....	24
<i>Figura 12. Clasificación de agitadores</i> .....	25
<i>Figura 13. Motorreductor</i> .....	26
<i>Figura 14. Componentes de un recipiente enchaquetado</i> .....	27
<i>Figura 15. Esquema de soldadura TIG</i> .....	29
<i>Figura 16. Dimensionado de la salida del fluido</i> .....	35
<i>Figura 17. Dimensionado de Tapa</i> .....	36
<i>Figura 18. Dimensiones de palas planas</i> .....	37
<i>Figura 19. Distancia entre las palas y el fondo del tanque</i> .....	38
<i>Figura 20. Altura de las aletas al borde del fluido</i> .....	39
<i>Figura 21. Agitador y palas inclinadas</i> .....	46
<i>Figura 22. Estructura de soporte</i> .....	49
<i>Figura 23. Esfuerzos Estructura de soporte</i> .....	52
<i>Figura 24. Quemador radial atmosférico</i> .....	53
<i>Figura 25. Simulación Von Mises en el tanque</i> .....	60
<i>Figura 26. Simulación de desplazamientos en el tanque</i> .....	61
<i>Figura 27. Esfuerzos de Von Mises</i> .....	62
<i>Figura 28. Análisis de desplazamiento</i> .....	62
<i>Figura 29. Análisis de deformaciones unitario</i> .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Requerimientos de la leche cruda</i> .....	6
<b>Tabla 2.</b> <i>Los componentes de la leche y sus porciones</i> .....	7
<b>Tabla 3.</b> <i>Temperatura y tiempos</i> .....	10
<b>Tabla 4.</b> <i>Datos iniciales</i> .....	31
<b>Tabla 5.</b> <i>Grosor de los muros del recipiente</i> .....	33
<b>Tabla 6.</b> <i>Datos para diseño de agitador</i> .....	40
<b>Tabla 7.</b> <i>Valores de KT</i> .....	47
<b>Tabla 8.</b> <i>Costos de materia prima</i> .....	65
<b>Tabla 9.</b> <i>Costos del proceso de manufactura</i> .....	66
<b>Tabla 10.</b> <i>Costos de elementos estandarizados</i> .....	67
<b>Tabla 11.</b> <i>Precios de instalación</i> .....	68
<b>Tabla 12.</b> <i>Presupuesto de costos directos</i> .....	69
<b>Tabla 13.</b> <i>Presupuesto de costos indirecto</i> .....	70
<b>Tabla 14.</b> <i>Presupuesto total del equipo</i> .....	70
<b>Tabla 15.</b> <i>Montos de la construcción de marmita sin incluir el material</i> .....	71
<b>Tabla 16.</b> <i>Montos de la construcción de marmita incluido el material</i> .....	71

## RESUMEN

Para afianzar una mejor calidad en el sistema de producción láctea de la comunidad, surge la propuesta tecnológica con el tema “Elaboración de planos y simulación de una marmita para pasteurizar leche con capacidad de 250 litros, para la comunidad de Alaspungo, perteneciente a la parroquia de Nono provincia de Pichincha”. Con el objetivo de mejorar e implementar el equipo para el trabajo de los comuneros dedicados a la ganadería y de este modo puedan elaborar productos de calidad.

Con la finalidad de obtener una solución eficiente y eficaz. La investigación se subdivide en cuatro puntos en primer lugar se dirige especialmente a fundamentos teóricos de la materia prima usada para la elaboración del queso, la leche pasteurizada, el proceso de pasteurización y sus temperaturas. Por consiguiente, en el capítulo dos se procede la investigación de la marmita fabricada en acero y enchaquetado, su clasificación, partes esenciales, en conjunto con la revisión del sistema de agitación y los diferentes diseños que influyen en la circulación del líquido dentro del tanque.

En un tercer capítulo se procede con los cálculos y elaboración del diseño de la marmita, fundamentando su geometría y estudio con conceptos de ingeniería donde se evidencia los cálculos de esfuerzo estructural, además de evidenciar por medio de una simulación la efectividad del diseño estructural. Como punto final en el capítulo cuatro se realiza un análisis presupuestario para la construcción del equipo e instalación.

**Palabras claves:** acero, chaqueta, esfuerzos, leche, marmita, pasteurización, queso, sistema de agitación, temperatura

## ABSTRACT

To ensure better quality in the dairy production system of the community, the technological proposal arises with the theme "Development of plans and simulation of a pot to pasteurize milk with a capacity of 250 liters, for the community of Alaspungo, belonging to the parish of Nono province of Pichincha". With the objective of improving and implementing the equipment for the work of the community members dedicated to livestock and in this way they can produce quality products.

With the purpose of obtaining an efficient and effective solution. The research is subdivided into four points, first of all it is directed especially to the theoretical foundations of the raw material that is used to make cheese, pasteurized milk, the pasteurization process and its temperatures. Therefore, in chapter two, the investigation of the kettle made of steel and jacketed, its classification, essential parts, together with the review of the agitation system and the different designs that influence the circulation of the liquid inside the

In a third chapter, we proceed with the calculations and elaboration of the design of the pot, basing its geometry and study with engineering concepts where the calculations of structural effort are evidenced, in addition to evidencing the effectiveness of the structural design through a simulation. As a final point in chapter four, a budget analysis is carried out for the construction of the equipment and installation.

**Key Words:** steel, jacket, efforts, milk, kettle, pasteurization, cheese, agitation system, temperature.

## INTRODUCCIÓN

La Parroquia de Nono tiene como principal motor económico la ganadería y agricultura, dentro de la comunidad de Alaspungo tienen concentrada su producción en el sector pecuario, con alta elaboración de leche y queso fresco. El proceso de producción de los productos se los realiza de manera artesanal, puesto que no cuentan con un equipo de pasteurización apto para su proceso de manufactura.

La calidad de los productos dentro de la industria láctea es de gran importancia, debido a que el proceso para que la leche de vaca sea consumida por los humanos tiene una etapa importante en la pasteurización, donde los agentes patógenos son eliminados, además las máquinas pasteurizadoras de leche mejoran el rendimiento en producción de productos óptimos para el consumo y de este modo que la mercancía de la comunidad tenga competitividad en el mercado.

Las máquinas que usualmente son usadas para los diversos procesos en la industria láctea son conocidas como marmitas es una maquinaria que de acuerdo a sus características y capacidad permiten la obtención de productos lácteos. Su composición es de acero inoxidable con una cámara de vapor que genera calor y permite el proceso de pasteurización. El equipo es usado tanto en las industrias a gran escala como para proyectos menores de acuerdo a su diseño.

La adquisición de maquinaria apta para elaborar productos de calidad y bajo las normas de inocuidad alimenticia puede conllevar a una alta inversión. Dentro de la industria nacional hay una escasa elaboración de equipos con capacidad volumétrica menor para pasteurizar. En consecuencia, se ha visto la necesidad de elaborar planos y construir una marmita con las necesidades de la comunidad de Alaspungo en base a su demanda de producción láctea.

## ANTECEDENTES

### **Problema**

En la parroquia de Nono existe una alta producción de leche, en la Comunidad de Alaspungo la fabricación de queso y la pasteurización de la materia prima la realizan de manera artesanal la cual

consiste en una olla grande donde vierten la leche y la calientan para eliminar los agentes bacterianos, a pesar de que su producto es de muy buen sabor, la elaboración no es la adecuada para medidas sanitarias.

Por tanto, se conoce que a la producción de productos lácteos que ofrece la comunidad es el equipo pasteurizador de leche para la comunidad de Alaspungo, de esta manera podrán mejorar el estatus y estándares de calidad de los productos, además poder llegar a más clientes y más sectores de mercados importantes del país rigiendo la producción a normas de inocuidad alimenticia

### **Importancia y alcance**

La investigación que se presenta a continuación se la realizo con el fin de construir una Marmita en la Parroquia de Nono, debido a que el proceso de pasteurización de leche la realizan de manera artesanal, en el lugar existe una alta producción lechera, por lo que se busca mejorar la producción de queso, además de fabricar productos de calidad. Los resultados que surjan de este proyecto determinaran la eficiencia de la máquina, indicadores financieros y su rentabilidad.

Mejorar el sistema productivo al implementar un nuevo equipo para obtener un mejoramiento en el proceso de manufactura y la eficiencia en el trabajo evitando tiempos muertos en la producción y por ende un excelente producto final, incrementando la producción de la comunidad.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- ✓ Elaborar planos y construir una marmita para pasteurizar leche con capacidad de 250 litros, para la comunidad de Alaspungo, perteneciente a la parroquia de Nono provincia de Pichincha.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Identificar los componentes de la leche entera cruda y la importancia del proceso de pasteurización para la obtención de productos derivados.
- ✓ Analizar las tres alternativas de los equipos de pasteurización para seleccionar la más viable de acuerdo a las necesidades de la comunidad.
- ✓ Elaborar planos de la marmita con capacidad de 250 litros para verificar la disponibilidad de los componentes estandarizados en el mercado.
- ✓ Establecer la proyección financiera de la implementación de la marmita mediante indicadores económicos.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

Se presenta los fundamentos teóricos dentro de la industria láctea y la importancia del tratamiento adecuado de los productos naturales obtenidos del ganado vacuno, además de la composición de la leche y los derivados que se obtienen al tratar este producto natural. La importancia del análisis de lácteos, la norma y certificaciones que deben cumplir los productos bajo el tratamiento térmico de pasteurización y las temperaturas adecuadas a las que se debe manejar para mantener la calidad, efectividad del proceso.

### **1.1 Industria láctea**

Las diferentes plantas procesadoras de lácteos son las responsables de entregar productos de calidad al consumidor, bajo las normas de inocuidad vigentes en el país, maquinaria apta para el manejo de alimentos y tecnologías adecuadas. La cadena de manufactura que maneje la industria es de prioridad en vista de que el insumo que se va a procesar es un elemento que se deteriora con rapidez y puede generar pérdidas para la planta, de tal forma que el producto no llega con las características adecuadas para el consumo [1].

### **1.2 Leche entera**

La leche es una sustancia de color blancuzco con grandes propiedades nutricionales, que es extraída por medio del ordeño del ganado vacuno. Aunque posee una gran cantidad de propiedades vitamínicas la leche extraída no podría ser consumida de forma directa por las personas en tanto que necesita ser procesada bajo tratamientos térmico para eliminar las bacterias, es un aporte importante porque su composición química es sustancial y completa [2].

Es de conocimiento que el ser humano necesita de vitaminas que provee de alimentos de primera necesidad y uno de ellos es la leche, posee grandes propiedades nutricionales y el ser humano ha sabido aprovecharlas utilizando este producto de diferentes formas, transformándolo para obtener



productos lácteos derivados de la leche ideales para su nutrición como es mantequilla, queso tierno, dulce de leche, la nata, kéfir, entre otros.

Su industrialización se ha generado en poblaciones que se dedican al sector pecuario dado que tiene versatilidad de generar diversos productos a base de la leche. Debido a su composición es un alimento donde los microorganismos patógenos proliferan con facilidad; estas bacterias son perjudiciales para los consumidores, por consiguiente deben ser eliminadas mediante un proceso de manufactura adecuado bajo las normas de inocuidad [3].

### **1.2.1 Componentes de la leche entera cruda**

En el ordeño del ganado se obtiene leche cruda que posee propiedades tanto como grasas, vitaminas, agua que comprueban la calidad de la sustancia ordeñada, todo dependerá del cuidado que se le da al animal. La inocuidad de la materia prima se la observa dependiendo del número de agentes patógenos por mililitro de la leche cruda. Las bacterias que contaminan la leche cuando es ordeñado el animal, ocurre porque en la ubre el conducto del pezón tiene una flora que se mezcla con las bacterias del ambiente la proliferación de dichas bacterias se suspende al estar a 4 °C [4].

Se denomina a la leche cruda de vaca como la sustancia que no ha sufrido alteración alguna, es decir que no haya pasado por un proceso térmico, exceptuando el de refrigeración para su conservación, además de que no se le haya añadido alguna sustancia química. La leche posee propiedades microbiológicas, físico y químicas que se detallan en la Tabla 1. Las características influyen en el proceso de los productos lácteos derivados donde se puede señalar las proteínas, balance salino, ácido láctico y entre otros [5].

**Tabla 1.** Requerimientos de la leche cruda [5].

<b>Componentes</b>	<b>Menor</b>	<b>Máximo</b>
Densidad relativa		
a 15 °C	1,029	1,033
a 20 °C	1,028	1,032
Grasa	3,0	-
Ácido láctico	0,13	0,17
Grumos	11,2	-
Grumos no grasos	8,2	-
Enfriamiento	-0,536 °C -0,555 °H	-0,512 °C -0,530 °H
Proteínas	2,9	-

La leche cruda bajo disposiciones generales en la norma NTE INEN 10:2012 [5] no es adecuada para el consumidor cuando presentan sustancias preservantes y adulterantes, neutralizantes superando los límites indicados, la leche contiene elementos que se detallan en la tabla 2. Los animales con un ordeño correcto y responsable, además de sanos producen leche libre de calostro y sangre. La leche luego de ser extraída debe ser enfriada, almacenada y colocada en contenedores conforme dictan las autoridades de sanidad.

Las cisternas que almacenan la leche son de acero inoxidable y apto para el almacenamiento de alimentos, así también las industrias de productos lácteos deben obtener la materia prima con procesos de ordeño apropiados esto se refleja desde la limpieza de los espacios donde se encuentra el ganado y los equipos que intervienen en la extracción de la leche. La pulcritud en los procesos es relevante debido a que existen dos padecimientos que se presenta por la ingesta de leche sin el previo proceso de pasteurización [6].

**Tabla 2.** Los componentes de la leche y sus porciones [6].

<b>Componente</b>	<b>Cantidad %</b>
H <sub>2</sub> O	90 %
Proteína	2 – 3 %
Nata	3,1 %
Lactosa	3 – 5 %
Vitamínicos	A, B y C
Inorgánicos	Calcio, Potasio, Sodio, Magnesio

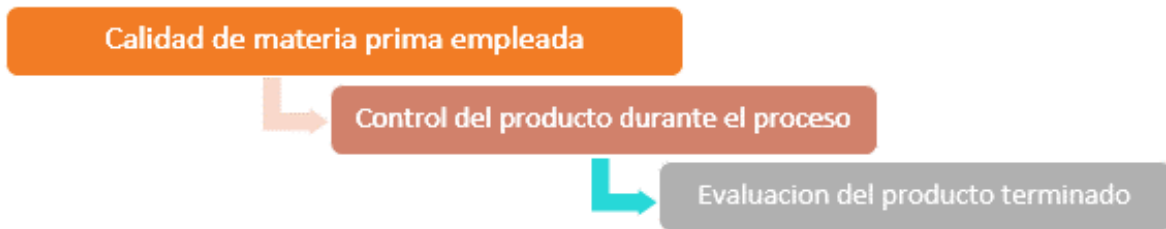
Las proteínas poseen alrededor de 25 aminoácidos diferentes debido a ello el ser humano lo considera un alimento rico en nutrientes y de gran consumo, dentro de ellas se encuentran 4 grupos diferentes, se considera la proteína más importante a la caseína. El queso tiene el 80 % de caseína, esta proteína es esencial en la producción de queso, así mismo las grasas presentes en la leche son los triglicéridos estos se encuentran presentes en un 90 % [7].

La calidad de leche cruda tiene varias formas de ser controlada una de ellas es el ensayo del alcohol etílico, que se diluye en 68 % y 72 % con agua en un recipiente de vidrio, donde se añade de leche y alcohol (72 %) 2 ml, con movimientos suaves se mezclan y si en el caso de presentar la mezcla grumos representa la inestabilidad en la leche la cual se pudo haber presentado porque no se la almaceno adecuadamente en el frio a temperaturas de 4 °C a 6 °C requeridos.

### **1.2.2 Importancia del análisis de lácteos**

El estudio de los productos alimenticios compone un punto de gran importancia que en los últimos años ha estado en auge a causa del avance en la industria láctea y alimenticia. El personal para la inspección de los productos debe estar certificado debido a que tienen la responsabilidad de confiar productos a la sociedad óptimos para el consumo y estatus de calidad, además que depende de ellos para que las normas de inocuidad sean cumplidas por la industria.

Esta actividad es fundamental realizada en la industria láctea, se divide en tres puntos principales, dichos aspectos son mostrados en la figura 1 del proceso de análisis.



**Figura 1.** Puntos principales del estudio de alimentos [2].

### 1.2.3 Deposito de la leche

El lácteo producido en establos se almacena en recipientes de acero como se evidencia en la figura 2 y son llevados a locaciones pre asignadas para el enfriamiento y ser distribuidos para de este modo continuar con el proceso de manufactura. La dependencia de tiempo y temperatura es de importante relevancia para la preservación de la sustancia pues la cadena de frio en el proceso impide la proliferación de agentes patógenos en la leche llegando a una temperatura de 4 °C en una hora [8].



**Figura 2.** Tanque de almacenamiento de leche [9].

### **1.3 Pasteurización de la leche**

Es el tratamiento al que es sometido la leche se da mediante un proceso donde se elimina microorganismos. Se basa en elevar la temperatura de la leche en un tiempo previsto con el fin de que se limite y elimine las bacterias propias del producto lácteo que son perjudiciales para el ser humano. Hay diversas formas de realizar el proceso de pasteurización y se clasifican de acuerdo a la temperatura y tiempo de tratamiento [10].

La leche que ha sido tratada bajo el proceso térmico que garantiza la eliminación de agentes perjudiciales y a su vez microorganismos sin valor nutricional alguno, sin la necesidad de alterar sus características nutricionales, físico y químicas. Los dos tipos de pasteurización se diferencian por el tiempo y la temperatura, se conoce como pasteurización baja a la que en el tiempo de 30 minutos se expone a 63 °C, mientras tanto que en la segunda forma de pasteurización se la expone en un lapso de 15min a una temperatura de 72 °C [11].

La esterilización generada por tratamiento térmico es una de las técnicas más comunes al tener como objetivo extender la duración de los alimentos. Se procede a calentar al fluido para someter a la sustancia a un choque térmico que tiene como consecuencia la eliminación de microorganismos, mediante reglas descritas en la norma que regula el tratamiento de la leche en Ecuador [12].

El instituto ecuatoriano (INEN) denomina a la leche pasteurizada como un producto lácteo que se ha tratado bajo un proceso térmico, en condiciones donde se compruebe la eliminación de microorganismos. Se puede evidenciar diferentes métodos de pasteurización para la leche que se dividen de acuerdo a la temperatura y el tiempo a los cuales se encuentra la leche. Los más comunes son la pasteurización lenta o baja, la pasteurización (HTST) y la ultra pasteurización [10].

El proceso de la pasteurización lenta indica que el procedimiento se lo realiza con baja temperatura a un largo periodo de tiempo con temperaturas de 60 °C a 65 °C en un lapso de tiempo de 30 minutos donde lo emplea para el tratamiento de la leche, para este tipo de pasteurización se usan tanques o recipientes de gran magnitud conocidos como marmitas enchaquetadas por las cuales

fluyen agua o vapor tanto para el calentar y enfriar la sustancia. Se lo utiliza por lo general en las instancias de los pequeños productores, aunque este método está siendo desplazado por otros que son más eficientes y óptimos [13].

La pasteurización HTST es la que se encuentra en auge, debido a que se basa en aplicar temperaturas altas de 72 °C a 75 °C a la sustancia, en un corto tiempo de 15 segundos, para implementar el proceso se necesita de maquinaria adecuada, para que de este modo se tenga un proceso de manufactura continua, de este modo mejorar los tiempos de producción, estos equipos tienen como principio hacer circular la leche y en trayectoria paralela el agua, efectuando el cambio de temperatura en lapsos de segundos [13]. La ultra pasteurización con sus siglas (UHT) es un proceso que se realiza a la leche donde existe flujo continuo y el tiempo de pasteurización dura apenas 2 segundos, la temperatura llega a los 138 °C. Proceso donde se garantiza la esterilización microbiana debido a su tratamiento [13].

### 1.3.1 Temperatura de pasteurización

La pasteurización elimina en un gran número a microorganismos propios de la leche, este proceso se da por dos factores esenciales para la elaboración de la leche. Según Martínez et al. [14] el primer paso es el tratamiento térmico con el aumento de la temperatura de la sustancia. Se mantiene durante un lapso de tiempo como se muestra en la tabla 3, el tratamiento de la leche debe ser minucioso para mantener el sabor y se eliminen las bacterias [15].

**Tabla 3.** Temperatura y tiempos [14].

<b>T (°C)</b>	<b>Tiempo</b>
60	20 min
63	30 min
72	15 s
90	0,5 s
100	0,01 s

### **1.3.2 Enfriamiento de la leche pasteurizada**

El proceso de refrigeración o enfriamiento luego de que la leche ha pasado por la pasteurización, tiene como paso siguiente el choque térmico que se basa en enfriar al fluido hasta que llegue al rango de 37 °C a 39 °C, este paso puede realizarse de tres maneras el enfriamiento de forma natural, pasando agua fría a través del equipo pasteurizador o colocando hielo alrededor del equipo [16].

### **1.3.3 Microorganismos**

Los microorganismos presentes en la leche no son todos perjudiciales para las personas se los puede clasificar en dos grupos, los principales son los que se le añade al queso y contribuyen a su consistencia y sabor dentro de este grupo son los denominados penicillium roqueforti. Mientras que en el segundo grupo se encuentran los microorganismos alterantes que producen daños en los productos lácteos produciendo pérdidas monetarias. En tanto al tercer grupo se destaca a los microorganismos patógenos perjudiciales al consumirlos dentro de ellos están los conocidos como estafilococos, coliformes y salmonela, que pueden producir enfermedades leves y severas [17].

## **1.4 Tipos de leche**

La leche puede ser modificada de formas distintas y permiten la obtención de los diferentes tipos de leche.

### **1.4.1 Leche en polvo**

Se la conoce así a la leche que se le ha retirado el total del agua, es un producto, fácil de transportar y su almacenamiento es más fácil de manejarlo puesto que los microorganismos solo proliferan en la leche cuando este aún tiene agua, tiene mayor duración de conservación que los otros tipos de leche. Pese a ello este tipo de leche conlleva una mayor inversión para su transformación, la leche en polvo para volverla líquida se le añade agua siendo el componente natural extraído [18].

### **1.4.2 Leche evaporada**

Es el tipo de transformación a la cual se le ha sido sustraído un tercio de la cantidad de agua total en la leche, se la enlata para su conservación. El tratamiento térmico que recibe para su transformación modifica ciertas características propias de la leche como son sus proteínas, las vitaminas tanto C y B. además de su sabor [18]. La leche evaporada tiene una estructura nutricional excelente para la dieta diaria de los consumidores, debido a sus nutrientes, los carbohidratos, vitaminas y grasas [19].

### **1.4.3 Leche cuajada**

Se caracteriza por ser leche a la que se le agrega microorganismos que generan coagulo fino obtenida del cuajo de la albúmina proporcionada del lácteo denominada caseína sin que se genere la disociación del suero de la mezcla. Es una leche de la cual se deriva el yogurt debido a su fermentación con proteínas y vitaminas del grupo de A y B como la riboflavina y liposolubles [18].

## **1.5 Derivados lácteos**

De la leche se obtiene varios productos lácteos, su tratamiento previo para su transformación se lo realiza con el objetivo de obtener productos que tengan mayor conservación, las leches son tratadas mediante un proceso térmico, modificación en sus compuestos (descremada, semidescremada, deslactosada, entre otros), leches concentradas, cremas, mantequilla (con sal, natural), helados, quesos, yogurt, dulce y suero de leche [20].

### **1.5.1 Leche fermentada o yogurt**

Es una sustancia fermentada y coagulada. La obtención de este se obtiene a través de la fermentación del lácteo, las bacterias que actúan en este producto se las denomina Lactobacillus y Streptococcus. Dentro de la alimentación para el ser humano es un alimento bastante beneficioso en especial para el aparato digestivo, por poseer propiedades desintoxicantes. En el yogurt se



encuentra presenten vitaminas y minerales las cuales buscan mejorar el tracto intestinal una de las vitaminas que se destaca en el producto es el complejo B [21].

Por consiguiente, se presenta en la figura 3 la síntesis de la transformación del yogurt



**Figura 3.** Esquema de elaboración del yogurt [20].

### 1.5.2 Mantequilla

Es un producto que contiene grasa proveniente de su materia prima base la leche y su valor porcentual está dentro del rango de 80 % al 90 %. Son productos sólidos y maleables, se da debido al contenido de agua presente en el total de grasa donde la materia grasa es la que la caracteriza, además de incluir otras sustancias que complementen el contenido de mantequilla, sin embargo, no alteran la composición de la leche [22].

El proceso de obtención de la mantequilla tiene como base la disolución similar como “agua en aceite” dado por el batido de nata. El proceso es realizado a partir de la nata fermentada, que empieza por la recepción de la nata, tratar el producto bajo las normas vigentes, por consiguiente, se realiza la pasteurización, desgasificación, desuerado y batido [22].

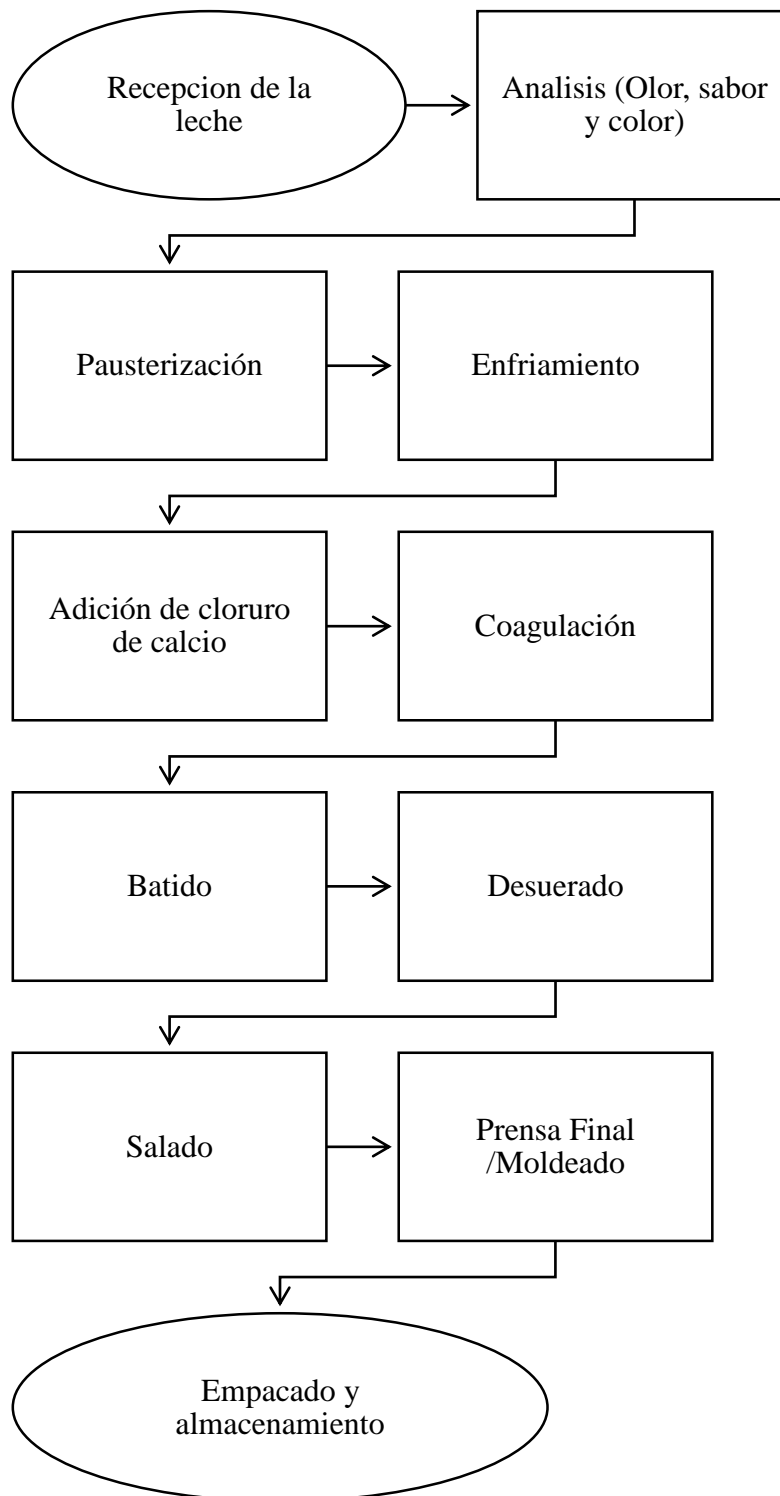
### 1.5.3 Queso

La organización internacional FAO lo denomina como un alimento fresco o maduro producido debido a que la sustancia se coagula, con la dispersión del suero de la mezcla. La coagulación enzimática es de la leche o de determinada materia prima láctea y de su maduración. Además, su consistencia puede ser blanda compuesta de proteínas y caseína [17].

Es un derivado de la leche que posee una de las propiedades más importantes como lo es el calcio, además de contener vitamina A y sodio que se le agrega en sal durante su fabricación. Fundamentalmente contiene un gran porcentaje de proteína, agua y grasa. Es un producto que tarda en digerir por lo que contiene y que se encuentra en su mezcla. Es un producto que puede sustituir la carne puesto a que las proteínas satisfacen las necesidades del organismo [18].

El cuajo es un extracto indispensable en la elaboración del queso. Es el elemento extraído del estómago de los terneros que están en proceso de lactancia, además contiene enzimas capaces de coagular la leche [17]. Las variaciones que posee el queso se da por su textura, sabor y aspecto, los tipos de queso se diferencian por la leche que se haya usado en el proceso y tiempo de maduración en la figura 4 se indica los pasos que se sigue en la creación del queso.

El queso maduro tiene aspectos especiales en su elaboración porque experimenta cambios químicos y físicos puesto que tiene una relación entre tiempo - temperatura donde en el tiempo permanece en condiciones de humedad que varía entre el 35.9 % al 55 % previstas hasta que se encuentre apto para distribuir al consumidor.



**Figura 4.** Flujograma de procesamiento de queso [20].

## CAPÍTULO II

### ALTERNATIVAS DE DISEÑO

La Investigación de la marmita, sus características, funcionamiento y clasificación son la base de este capítulo debido a que se consigue conocer las partes esenciales, estructuras viables para cada tipo de necesidad y uso. Adicional a ello se hace la investigación del sistema de agitación, clasificación de los agitadores y los tipos de palas que se pueden usar en cada clasificación. Elementos y materiales que se deben emplear para la construcción de un equipo pasteurizador es decir el motor reductor, en su mayoría el uso de planchas de acero AISI 304.

#### 2.1 Marmita

La marmita es un instrumento que se ha detallado en varios textos con investigaciones que muestran sus diferentes tipos y usos. Los inicios de la fabricación fueron dados en el año de 1679 en Francia. El físico matemático creador de la marmita llamado Denis Papin la construyo pensando en el estudio de vapor en depósitos cerrados. Su más simple representación es la de una olla de presión con tapa atornillada y en diversos casos dependiendo de su diseño posee paletas que genera un sistema de agitación [23].

Los principales usos que se le da a una marmita es la pasteurización, cocer alimentos y generar el proceso de esterilización dentro del tanque metálico está estructurado de un sistema con doble pared o también denominado “enchaquetado”, donde el fluido atraviesa generando choque térmico para calentar la sustancia de manera elusiva, los diseños de marmitas pueden ser semiesféricas y cilíndricas como se muestra en la figura 5 [24].



**Figura 5.** Marmita cilíndrica a gas y sistema de volteo [23].

### **2.1.1 Estructura de la marmita**

Dependen del diseño y uso que se le va a dar, los que generalmente se conocen en el mercado son los de forma semiesférica y cilíndrica como se puede ver en la figura 6 el diseño semiesférico tiene como objetivo evitar estancamiento en el fondo y así dejar que todo el líquido fluya, además de brindar una fácil limpieza del equipo [25].



**Semiesférica**

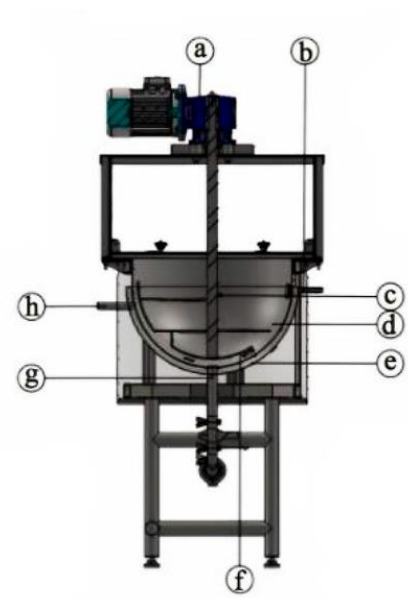
**Cilíndrica**

**Figura 6.** Formas de diseño en Marmitas.

### 2.1.2 Partes esenciales de una marmita

Se detallan a continuación en la figura 7 los aspectos esenciales del diseño para un correcto funcionamiento del equipo [23].

- a) Moto-reductor
- b) Válvula de alivio
- c) Termopozo
- d) Tanque de la marmita
- e) Camisa
- f) Agitador
- g) Válvula de descarga
- h) Entrada de vapor



**Figura 7.** Partes de una marmita.

### **2.1.3 Funcionamiento**

El recipiente tiene un funcionamiento simple donde de manera esencial se compone de un contenedor de material metálico con tapa, con válvulas de desfogue, termómetros entre otros componentes que favorecen a su correcto funcionamiento. Al cerrar la tapa se produce el incremento de presión y temperatura; la presión dentro de la marmita reprime la fase de ebullición en fluidos [26].

## **2.2 Tipos de marmitas**

Existen diferentes tipos de marmitas en el mercado unas son más comunes que otras se diferencian por su diseño y su generación de calor para el tratamiento térmico dentro de los cuales se presentan con calor producido por gas GLP, tratamiento eléctrico y a vapor [23].

### **2.2.1 Marmita a gas**

Este tipo de marmitas poseen un quemador de tipo atmosférico con el cual ofrecen un tratamiento térmico enfocado en la generación de vapor, la construcción del tanque para esta clasificación de marmitas es en el tipo de acero inoxidable A – 304, bajo las normas descritas de inocuidad por lo que son aptas para el manejo y tratamiento de alimentos como se presenta en la figura 8. El recipiente es soldado y pulido para convertirlo en una sola pieza transformándolo en un equipo a presión con optima seguridad [27].

Las marmitas a gas tienen encendido automático o eléctrico, haciendo uso de gas industrial o mejor conocido como GLP generan fuego, siendo esta otra opción para la generación calor, sin la necesidad de utilizar una caldera. Se controla mediante una válvula de seguridad para gas, este elemento protege la integridad del operador que manipula la maquinaria. La chaqueta genera la transferencia de calor que debido a la recepción y salida de agua permite que se realice un proceso de recirculación para el trabajo de pasteurización [11].

Adicional a ello este tipo de equipos poseen registros de la presión que se genera al momento de ponerlos en marcha y consta con el agitador que llegan a velocidades de 20 a 180 rpm debido a la conexión con el motor reductor. Para el desfogue del líquido tratado posee válvulas con registro de drenaje. Dichas marmitas son utilizadas en la industria para procesar alimentos en los que se usan los procesos térmicos, principalmente para la pasteurización de leche, elaboración de sus derivados como leche condensada, además de ser usado para el proceso de manufactura en la obtención de salsas [28].



**Figura 8.** Marmita a Gas [29].

### **2.2.2 Marmita a vapor**

Son marmitas compuestas de una cámara de calentamiento también llamada “camisa” donde se envuelve al depósito donde se encuentra el fluido que recibirá el tratamiento térmico. Dentro del sistema fluye el vapor que es suministrada por lo general de una caldera. Su diseño por lo general tiene forma de semi-esfera, puede encontrarse un agitador mecánico y sistema de volteo integrado para evitar desperdicios del fluido como se presenta en la figura 9 [24].

En este tipo de marmitas se pueden identificar dos variantes, tanto abierta como cerrada, la diferencia que existe entre los dos tipos es su proceso de calentado donde la abierta se realiza bajo la presión atmosférica y la cerrada se produce por medio del vacío [30]. La marmita de vapor



cerrada tiene como ventaja extraer del producto el aire y permite provocar la ebullición a temperaturas menores a las requeridas por la presión atmosférica, de tal forma que el calor que se impide la destrucción de componentes propios de los productos que son sensibles a altas temperaturas conservando los nutrientes de los productos naturales [23].



**Figura 9.** Marmita a Vapor abierta [31].

### **2.2.3 Marmita eléctrica**

Según Villalva et al. [27] el equipo para generar vapor utiliza la energía eléctrica de tal modo es que las resistencias eléctricas producen el calor para generar vapor son muy útiles para maquinarias que no están diseñadas con líneas de vapor y que adicional a ello no se puede hacer uso del gas, como se la observa en la figura 10. El elemento que se destaca en esta clase de marmita son las resistencias con las cuales se produce el calor, dichos elementos son alimentados por corrientes de 220 V y 60 Hz.



**Figura 10.** Marmita Eléctrica Electrolux [32].

### **2.3 Agitador**

Mecanismos que son impulsados por un rodete con motor eléctrico con el fin de emulsionar o hacer de una mezcla igual de la sustancia que se encuentra en el tanque enchaquetado. El tipo de agitador se lo selecciona de acuerdo a las propiedades de la sustancia que va a ser mezclada, el punto esencial es la viscosidad del fluido [23].

Los sistemas de agitación son muy conocidos en la industria debido a que se requiere para la preparación de mezclas, tiene por objeto obtener condiciones especiales para un fluido o varios. Se basa en el movimiento forzado de una sustancia a través de elementos mecánicos dentro de la olla enchaquetada [27].

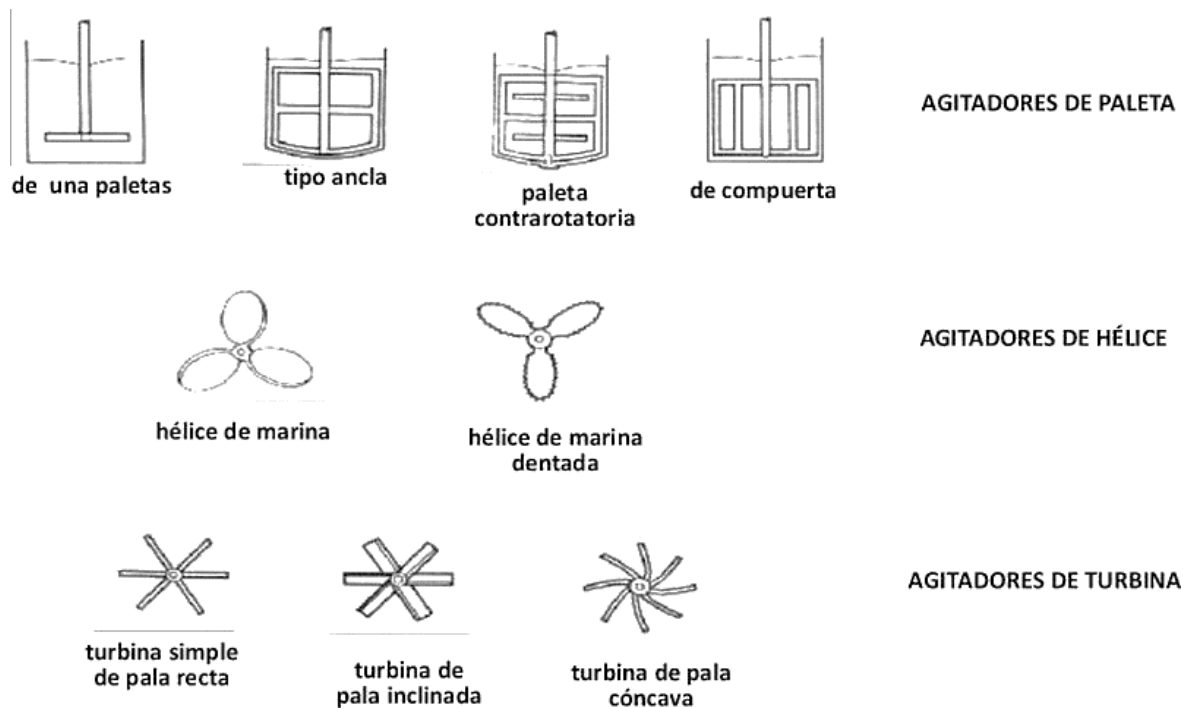
Según Neri et al. [33] la agitación se lo puede explicar manifestando que es el forzar a un fluido a través de la implementación mecánica donde el trabajo adquiera una trayectoria circular dentro de un recipiente. Se lo implementa para realizar mezclas donde se encuentren dos fluidos separados y que por medio del movimiento logren incorporarse entre sí. Por otro lado, la agitación en las marmitas cumple con otro rol de función; el agitador libera aire e impide la constitución de bombas de aire, de igual modo en base al agitador y forma de paletas mantiene a la sustancia tratada térmicamente en suspensión.

Por lo general el equipo tiene la forma de un recipiente cilíndrico, conjunto con un agitador mecánico, en el montaje el motor eléctrico da movimiento al eje. El diseño en la proporción de los tanques depende de la naturaleza en la que el agitador va a trabajar. El redondeo que tiene en la base el tanque por lo general se da debido a que se busca eliminar aristas o filos rectos, donde el fluido puede no ser uniforme además que no penetran las corrientes de fluido [34].

Según Gutiérrez et al. [34] la eficiencia del procedimiento para el mezclado dependerán principalmente de la mecánica de fluidos, las formas de flujo que se forman dentro de un tanque son bastante complejas donde se necesita de manera rigurosa aplicar principios básicos para un correcto funcionamiento, además la eficiencia necesita de la energía adecuada para que se realice un flujo de las sustancias que ingresen al tanque.

### **2.3.1 Clasificación de agitadores**

Se subdividen en dos, los de flujo axial provocan corrientes paralelas al eje donde se encuentra el agitador, por otro lado, se tiene a los llamados agitadores con flujo radial, dichos agitadores producen corrientes con trayectoria tangencial. Aunque existen varios diseños de agitadores los principales y más comunes en el mercado son los de turbina, hélice y paletas [13].



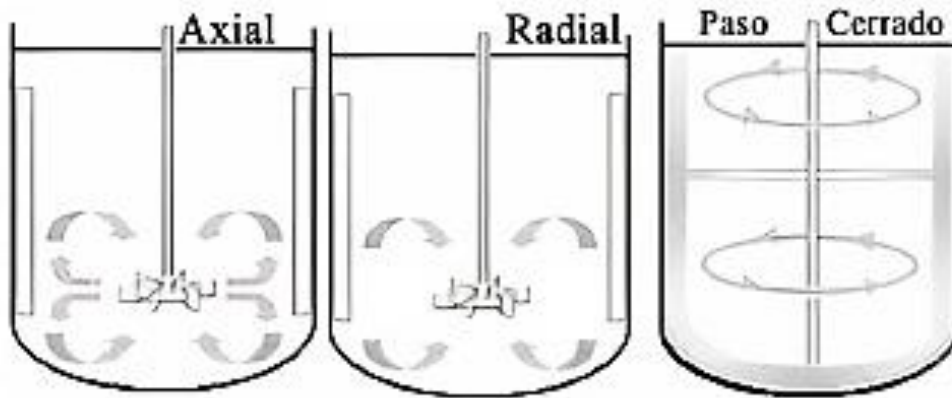
**Figura 11.** Tipos de agitadores [35].

Los agitadores de hélice pertenecen al grupo de los agitadores de flujo axial empleado para líquidos con poca viscosidad, la velocidad de trabajo es alta de 1 150 a 1 750 rpm en hélices pequeñas mientras que en las de mayor tamaño son de 400 a 800 rpm. Las hélices friccionan la sustancia, se los usa en tanques de gran capacidad ya que pueden realizar el trabajo de manera que sea eficiente y exitoso [35].

Según Ruiz et al. [35] los agitadores de turbina por el contrario se caracterizan por trabajar a velocidades entre 30 y 50 rpm. El eje de rotación se encuentra colocado en el centro del recipiente se asemejan a los agitadores con paletas cortas. Además, en el diseño se puede resaltar que las paletas pueden ser inclinadas, curvas o rectas. Son muy eficientes al trabajar con todo tipo de líquidos con muy poca viscosidad generando una mezcla excelente. Las corrientes que se generan son de dos tipos; las tangenciales y radiales. El inconveniente de este tipo de agitadores es que se generan vórtices afectando la eficacia del rodete esto se lo puede solucionar con placas deflectoras.

Los agitadores de palas trabajan en velocidades de entre los 20 y 150 rpm, giran dentro del tanque mezclando el líquido, las corrientes del fluido pasan por las paredes y se mueven de forma dispereja, las palas se las puede adaptar dependiendo de la forma del fondo del tanque para mejorar el movimiento y tenga una ligera holgura, además si en ella existiera una inclinación impulsara el movimiento del fluido en forma vertical [35]. Los tipos de agitadores se relacionan directamente por su flujo que se clasifican en la figura 12:

- Radial
- Tangencial
- Axial



**Figura 12.** Clasificación de agitadores [36].

### 2.3.2 Alternativas de selección para agitadores

Para el diseño de agitadores en marmitas el mercado tiene una amplia variedad de opciones para elegir el diseño del agitador se emplea diferentes puntos que son esenciales dependiendo de las propiedades que tenga el fluido que se va a mezclar dentro del recipiente, las medidas que se toman en cuenta son su velocidad, cantidad de energía que requiere al realizar su operación, incluso su grado de agitación [23].

## 2.4 Motor reductor

Es un aparato usado en las marmitas con el objetivo de dar movimiento al agitador. Posee un motor eléctrico al cual se le añade un reductor que se evidencia en la figura 13, tiene una participación relativa en la industria actual se lo utiliza en los sistemas de agitación debido a su funcionamiento eficaz. La función del reductor se encarga de reducir la velocidad de rotación, sin provocar la deficiencia en la potencia [37].



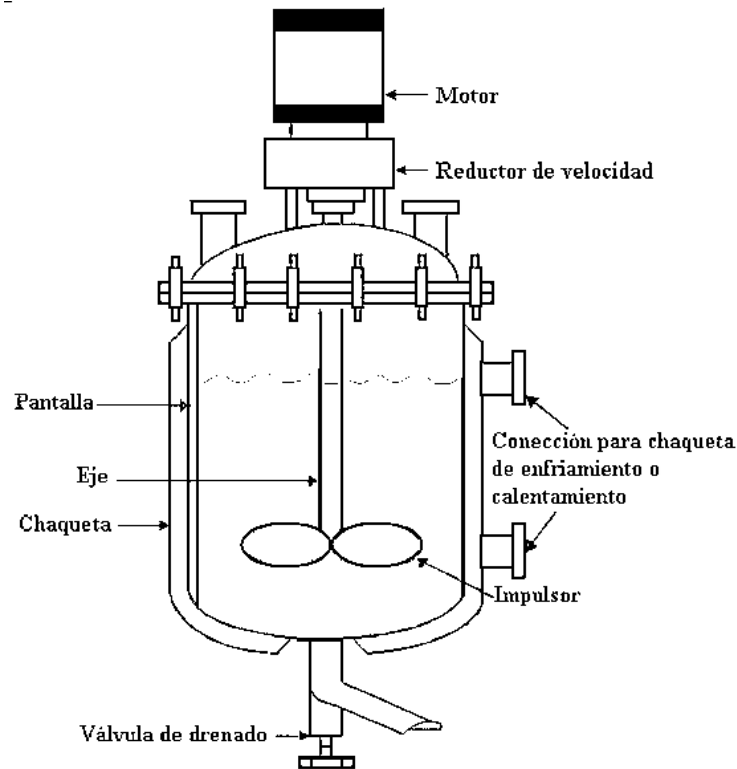
**Figura 13.** Motorreductor [37].

Los motorreductores se caracterizan por ser componentes mecánicos muy usados en la industria, adecuados para accionar todo tipo de máquinas de uso industrial donde buscan reducir la velocidad de trabajo de manera segura, sin alteraciones en el movimiento, es decir que tengan un movimiento constante y a su vez que su accionar sea eficiente [34].

## 2.5 Recipientes enchaquetados

Según Gutiérrez et al. [34] un contenedor o también llamado recipiente que consiste en una “camisa o chaqueta” construida en acero inoxidable que se diseña con el objetivo de mantener un control de temperatura en el interior y sus componentes importantes se reflejan en la figura 14. Por la

chaqueta externa del tanque fluye el líquido usado para realizar el proceso térmico tanto de calor como de enfriamiento. Normalmente los dispositivos enchaquetados poseen un elemento de agitación para lograr mejorar el coeficiente de transmisión de calor y de este modo mejorar la eficiencia.



**Figura 14.** Componentes de un recipiente enchaquetado [38].

### 2.5.1 Acero Inoxidable

Este material por lo general se utiliza en las empresas de alimentos y cosmetología debido a su alta resistencia frente a la corrosión. El acero según la norma AISI 304 es el material ideal, con propiedades versátiles, siendo reconocido por ser el más usado en la serie de los 300. Una de sus mejores características son las óptimas propiedades de conformado y soldadura; por otro lado, su resistencia a la fluencia es de 45 ksi y una densidad de  $7.8 \text{ g/cm}^3$  mejoran aún más y le dan más valor frente a los otros aceros para ser utilizado en aplicaciones variadas dentro de la industria alimenticias, química y de almacenamiento [23].

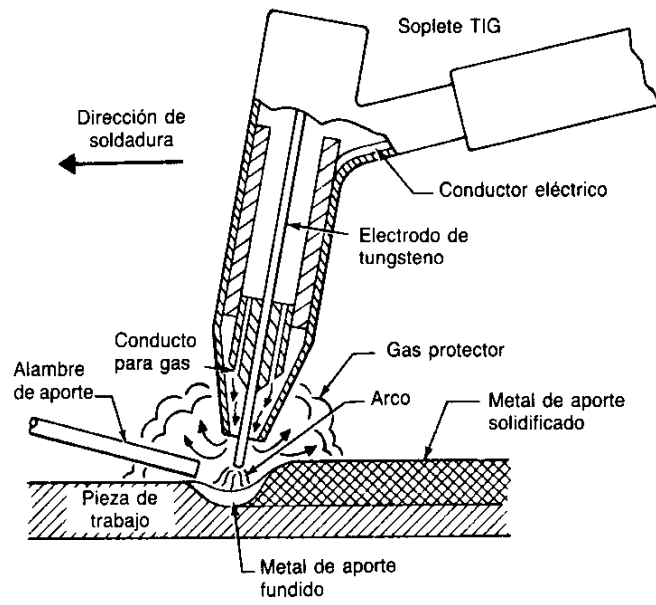
Dentro de los procesos que en los que se usa el acero AISI 304 se presentan principales tipos de mecanizado en el cual se detalla el Plegado o también conocido por el nombre de conformado se basa en producir una deformación plástica al material sin ser separado para darle a la lámina una figura en torno a un ángulo la maquinaria óptima para este tipo de procesos es la plegadora y prensas [39].

Por otro lado, se tiene el proceso de rolado donde unos rodillos en secuencia ejercen presión en una lámina de acero de tal manera que se obtiene productos con espesores diferentes de acuerdo al rolado aplicado, dentro de los productos están las barras, tubos, estructuras de construcción entre otros, además se obtiene que el material refuerce sus propiedades mecánicas. Este tipo de procesos aplicados al acero para conformar una estructura hacen uso del tipo de suelda TIG [39].

### **2.5.2 Soldadura TIG**

La soldadura de este tipo es la que usa como protector al gas inerte y un electrodo de material de tungsteno. El electrodo a usarse no se desgasta y tiene un largo periodo de durabilidad y se debe al material del cual está formado con la característica principal de resistir altas temperaturas. Las estructuras que se forman con este tipo de suelda son más duraderas debido a que los cordones poseen mayor resistencia y son invulnerables a la corrosión debido a la protección del gas. Además, con este tipo de soldadura se obtiene mejores acabados, optimizando el tiempo que se invierte en el proceso alcanzando una soldadura de calidad en la figura 15 se observa un esquema del tipo de soldadura TIG [40].





**Figura 15.** Esquema de soldadura TIG [41].

## CAPÍTULO III

### CÁLCULOS Y DISEÑO

Se especifica las consideraciones que se toman en cuenta en el diseño antes de su construcción definitiva, para ello se detalla el dimensionamiento para obtener la capacidad de volumen del tanque deseada, además del estudio térmico y estructural del tanque pasteurizador. La selección del espesor del material para construir un recipiente enchaquetado es de gran importancia para que el intercambio de calor entre el tanque y el fluido que circula en él sea óptimo. Los esfuerzos que se estudian son en base a las fuerzas hidrostáticas que se producen.

#### **3.1 Diseño del equipo**

Para elaborar este diseño se necesita tener en cuenta varias consideraciones importantes como son técnicas y estéticas, necesita varias etapas de análisis antes de su construcción definitiva del equipo, es necesario tener un bosquejo preliminar para visualizar el proyecto y tener una forma clara de la capacidad, construcción y la cotización total [42].

Con el diseño se busca resolver el proceso de manufactura en la pasteurizadora, que en este caso es no contar con un equipo pasteurizador de leche de 250 lt, y se necesita adecuar una máquina con los recursos que tiene a su alcance la parroquia y así obtener sus beneficios.

#### **3.2 Material seleccionado para la construcción de la marmita**

El material utilizado principal es el acero AISI 304 para el tanque, tubos de soporte y componentes que forman la marmita dado que tiene fácil mecanizado, menor costo y en la industria su campo de liderazgo es en la industria del manejo de alimentos [43]. Para soldar las partes se ha seleccionado el proceso de soldadura TIG, con la cual se generan cordones de calidad, sin proyecciones, escorias gracias al gas inerte que se utiliza en el proceso [44].

### 3.3 Diseño del tanque

Para diseñar el tanque se deben tomar en cuenta muchos puntos importantes como son; debe soportar la fuerza que ejerce el sistema de agitación, debe tener un material de grado alimenticio, debe soportar la presión del líquido en su pared interna y la temperatura de operación a la cual será expuesta la máquina, en la tabla 4 están expuestos los datos iniciales.

**Tabla 4.** Datos iniciales

Datos	Parámetros
Fluido de trabajo	Leche
Volumen de diseño	250 lt
Temperatura de operación	72 °C a 75 °C
Forma del tanque	Cilíndrico

#### 3.3.1 Dimensiones del tanque

Antes de realizar el dimensionamiento del depósito hay que tomar en cuenta la capacidad volumétrica que este necesite y la altura que requiera el diseño para almacenar 250 lt de leche, por lo cual para evitar el desborde de la materia prima que en este caso es la leche se debe multiplicar el volumen del diseño por un factor de seguridad de 0.15 y así prevenir que se desborde la materia prima.

Datos:

$$V_{real} = 250 \text{ lt} = 0.25 \text{ m}^3$$

Factor de seguridad de desborde  $x = 0.15$

$$V_{diseño} = V_{real} + (V_{real} \cdot X) \quad (1)$$

$$V_{diseño} = 0.25 [m^3] + (0.25 [m^3] \cdot 0.15)$$

$$V_{diseño} = 0.2875 [m^3]$$

$$V_{diseño} = 287.5 [lt]$$

La superficie de la marmita se encuentra a 2.20 m de alto, se considera la dimensión mencionada debido a que el operador tendrá menos riesgos ergonómicos al cargar la leche en el tanque y así iniciar el proceso térmico, es por eso que se procede con el siguiente cálculo.

$$h = 0.90 \text{ m}$$

$$V_{diseño} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (2)$$

$$r_{int} = \sqrt{\frac{V}{\pi \cdot h}}$$

$$r_{int} = 0.318 \text{ m}$$

$$\phi_{int} = 0.639 \text{ m}$$

Previo a los cálculos se determina la magnitud física que medirá la proyección de la fuerza perpendicular es decir la presión de la leche dentro del tanque se la calcula mediante la siguiente ecuación.

$$P = \rho \cdot h \quad (3)$$

La altura que se considera es de un 85 % del total de la altura del tanque debido al factor considerado de desborde y esta será la altura que ocupará la leche en el tanque; realizando el cálculo se obtiene lo siguiente.

$$P = 1032 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \cdot 0.77 [m]$$

$$P = 794.64 \left[ \frac{kg}{m^2} \right]$$

### 3.3.2 Selección del espesor del tanque

Para calcular el espesor de la pared que vaya a necesitar la marmita se considera la selección bajo la norma AISI sección VIII y la norma API 650 [45]. En la norma señala que no puede ser menor el espesor del tanque en relación con su diámetro para lograr soportar la presión, así como se muestra a continuación en la tabla 5.

**Tabla 5.** Grosor de los muros del recipiente.

Diámetro [m]	Espesor mín. [mm]
<15.24	1.5 a 4.76
15.24 – 36.576	6.35
36.576<60.96	7.93
>60.96	9.52

Se selecciona el espesor de 2 mm, debido a que el diámetro del tanque es de 0.639 m y bajo la norma cumple con las condiciones de diseño. El espesor será igual para su fondo, esto será comprobado por medio de la fórmula de la presión de aplastamiento.

$$W_c = kE \left( \frac{t}{D} \right)^3 \quad (4)$$

Donde:

$k$ : se obtiene de la gráfica en el anexo 2

E: Modulo de elasticidad del acero 304

t: Espesor

$$W_c = 10.5 \cdot (29 \times 10^6 \text{ psi}) \cdot \left( \frac{0.002 \text{ [m]}}{0.6378 \text{ [m]}} \right)^3$$

$$W_c = 9.39 \text{ [psi]}$$

$$W_c = 6602 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

Se puede determinar que la lámina de acero 304 de 2 mm de espesor es suficiente para soportar la presión que va a existir dentro de la marmita. Debido a que en el cálculo anterior se obtuvo un valor alto bajo esta característica de diseño, además se conoce que la presión que se ejercerá en el tanque es de 794.64 kg / m<sup>2</sup> y mucho menor a la presión admitida para el tanque.

### 3.3.3 Camisa del tanque

Es necesario que el intercambio de calor entre el tanque y el fluido que circula en él sea optimo, por lo cual se usara una camisa que será instalada como carcasa del recipiente creado el mismo que será un espacio anular donde se encontrara el fluido de calefacción.

El espacio que tendrá entre el diámetro externo de la camisa y el diámetro interno de la marmita es de 0.05 metros, la misma que será de una lámina de acero inoxidable 304 de 2.5 mm de espesor y así se obtiene un diámetro de camisa de:

$$\emptyset_{camisa} = 0.740m$$

Con el diámetro se obtiene el volumen de agua que tendrá entre la camisa y el tanque:

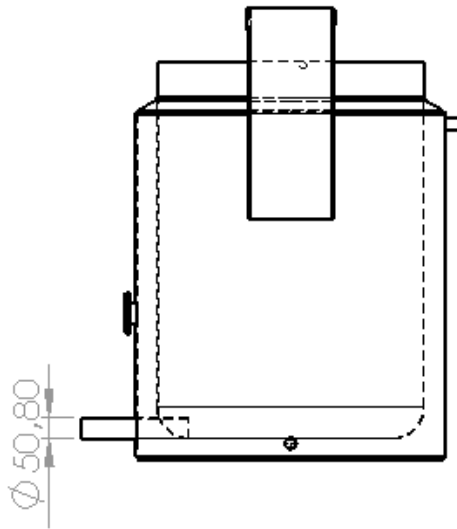
$$V_{agua} = 0.086 \text{ m}^3 = 86 \text{ lt}$$

Para la salida y entrada del fluido de calefacción en la camisa del tanque tiene un diámetro de 1/2 pulgada para utilizar válvulas de bola y nepsos con la misma dimensión. Asimismo, es necesario instalar dos termómetros bimetalicos para observar la temperatura de la materia prima y otro para observar la temperatura del fluido de calefacción.

El termómetro permite controlar los rangos de temperatura a los que trabaja la marmita, para pasteurizar se necesita un rango de temperatura de 72 °C a 75 °C. Por consiguiente, se elige un termómetro con vástago de acero inoxidable que permite la medición de entre 0 °C a +120 °C, con rosca de conexión de 1/2 pulgada, las características se detallan en el anexo 3 [46].

### 3.3.4 Vertido del fluido

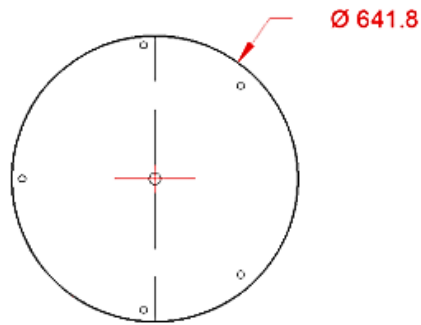
Para descargar el fluido se tendrá una salida de 2 pulgadas el mismo que estará controlado por una válvula de bola con el mismo dimensionamiento. La medida de la salida del tanque se muestra en la figura 16 del dimensionado de la salida del fluido con 50.80 mm es igual a 2 in.



**Figura 16.** Dimensionado de la salida del fluido.

### 3.3.5 Cubierta del tanque

En la parte superior del tanque se utilizará una tapa de 2 mm de espesor como se muestra en la figura 17 tiene apertura y cierre en la mitad del mismo, el cual será removible por acción de tornillos para sujetar la tapa y que la misma no se desplace hacia ningún lado. Además, la tapa cuenta con una perforación en el centro de 1 1/4 pulgada por donde pasa el eje que sujetará los agitadores.



**Figura 17.** Dimensionado de Tapa.

### 3.3.6 Cálculo de fuerzas en el tanque

Dado que en el tanque se producen fuerzas hidrostáticas generadas por la materia prima con componentes horizontales y verticales.

Para calcular la fuerza hidrostática vertical que tiene incidencia en el fondo del tanque se utiliza la siguiente formula:

$$FH_v = P \cdot A_{fondo} \quad (5)$$

$$FH_v = (\rho \cdot g \cdot h) \cdot (\pi \cdot r^2)$$

$$FH_v = 2522.9126 \text{ N}$$

Para calcular la fuerza horizontal se toma en cuenta que actuará sobre las paredes del tanque por lo cual debe considerar una superficie cilíndrica y se calcula con la siguiente formula:

$$FH_h = P \cdot A_{proy.cil} \quad (6)$$

$$FH_h = (\rho \cdot g \cdot h) \cdot (2r \cdot h)$$

$$FH_h = 3928.4608 \text{ N}$$



### 3.4 Diseño de las palas planas

Las palas que se muestra en la figura 18, permiten la agitación del fluido, al conectarse al eje, permite que la leche circule a través del tanque.

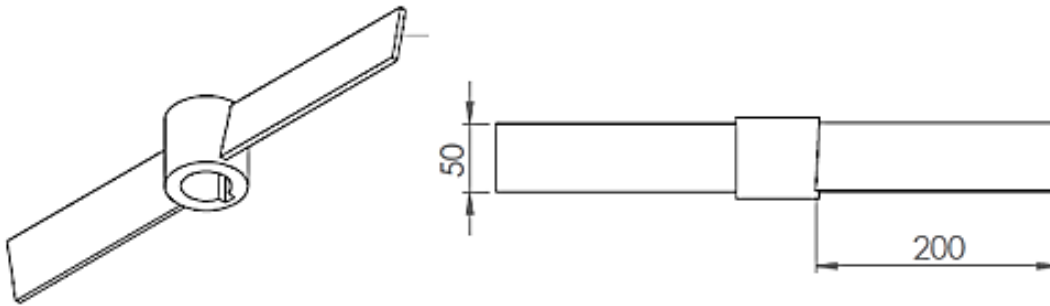


Figura 18. Dimensiones de palas planas.

#### 3.4.1 Cálculos de la longitud de las palas

La longitud del brazo de la pala viene dada por la siguiente expresión:

$$L_B = \frac{5}{8} \cdot \phi_1 \quad (7)$$

$$L_B = \frac{5}{8} \cdot 639 \text{ [mm]}$$

$$L_B = 399.375 \text{ [mm]} \approx 400 \text{ [mm]}$$

#### 3.4.2 Ancho de las palas

No existe una relación fija respecto al espesor, regularmente va de 1/6 a 1/10 de la longitud del brazo y viene dada de la ecuación (8).

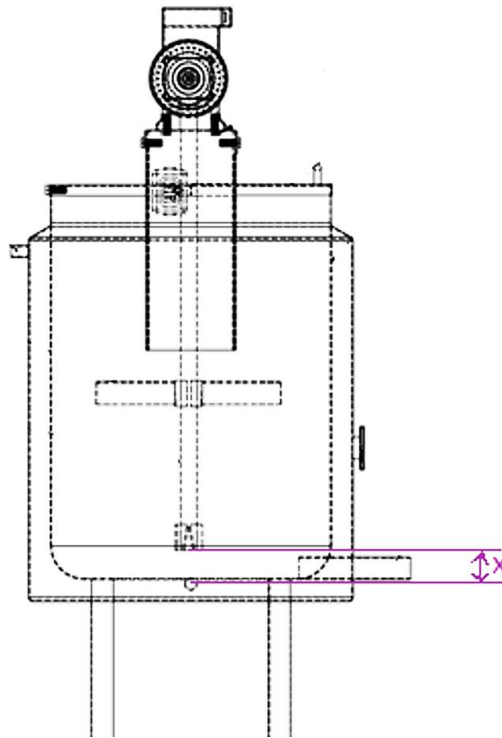
$$E_r = \frac{1}{10} \cdot L_B \quad (8)$$

$$E_r = \frac{1}{10} \cdot 400 [mm]$$

$$E_r = 40 [mm]$$

### 3.4.3 Distancia entre el fondo y el rodete

La distancia que existe entre el fondo del tanque interior de la marmita y las palas, como se observa en la figura 19 son de gran importancia debido a que de ello depende el cálculo de la potencia que necesita el eje agitador, además permitir una buena mezcla del líquido.



**Figura 19.** Distancia entre las palas y el fondo del tanque

$$X = h - L_B \tag{9}$$

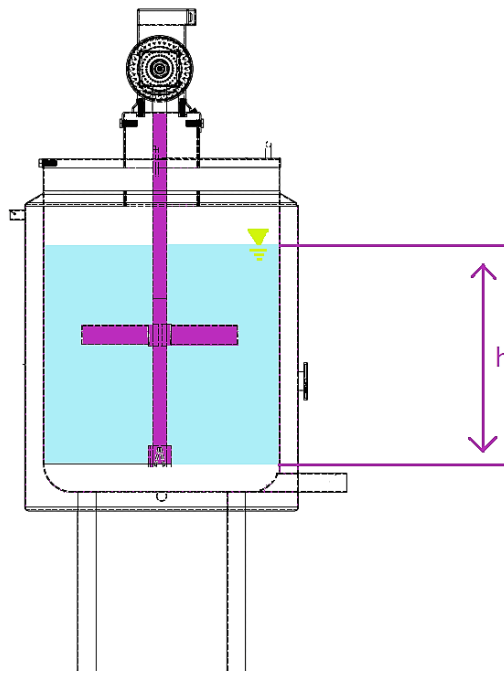
$$X = 0.77 [m] - 0.4 [m]$$

$$X = 0.37 [m]$$

### 3.5 Diseño del eje agitador

Se debe tener un equilibrio en el gradiente de temperatura que existe entre el fluido que tendrá la camisa de la máquina y la materia prima. Para esto se usa dos agitadores rotacionales que ejercen fuerzas tangenciales a la rotación que viene dado por el eje; el mismo que recibe el movimiento de un impulsor. Para conectar el impulsor se utilizará un perno M10 X 1.5 que servirá para la unión del motorreductor eléctrico permitiendo el movimiento circular.

Previo a los cálculos de cargas estáticas se procede a obtener el valor de la presión a la altura de las aletas que resulta aplicando la ecuación (3), además se considera la altura desde el inicio de las aletas hasta el borde del fluido como se muestra a continuación.



**Figura 20.** Altura de las aletas al borde del fluido

$$P = 1032 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] \cdot 0.7 [m]$$

$$P = 722.4 \left[ \frac{Kg}{m^2} \right]$$

### 3.5.1 Datos de diseño bajo cargas estáticas

Para llevar a cabo el diseño del agitador para la pasteurizadora de leche hay que considerar los datos señalados en la lista de la tabla 6 la misma que ayudara a obtener resultados importantes para la elección del eje.

**Tabla 6.** Datos para diseño de agitador.

Datos	Descripción
Fluido a agitar	Leche
Densidad del fluido	1032 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica del fluido	1.7 a 2.2 Cp
Diámetro del tanque	0.6378 m
Altura del tanque	0.90 m
Volumen de llenado	250 lt

Por medio de la siguiente ecuación se determina el área donde se especifica el punto que actúa la presión mediante la ecuación (6). El área de la aleta es:

$$A_{aleta} = largo \cdot ancho \quad (10)$$

$$A_{aleta} = 0.2 \cdot 0.05$$

$$A_{aleta} = 0.01 \text{ m}^2$$

El área de las 4 aletas es  $A_{total} = 0.04 \text{ m}^2$

La fuerza que ejerce la leche es:

$$F = P \cdot A_{total} \quad (11)$$

$$F = 722.4 \left[ \frac{kg}{m^2} \right] \cdot 0.04 [m^2]$$

$$F = 28.89 [kg]$$

El torque máximo que existe en el agitador se la obtiene con la siguiente ecuación

$$\tau_{max} = F \cdot a \quad (12)$$

$$\tau_{max} = 28.89 [kg] \cdot 0.24 [m]$$

$$\tau_{max} = 6.93 [kg \cdot m]$$

Se identifica el diámetro mínimo del agitador se lo calcula por medio de la siguiente ecuación

$$d_{min-agitador} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot \tau_{max}}{\pi \cdot \sigma}} \quad (13)$$

$$d_{min-agitador} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 6.93 [kg \cdot m]}{\pi \cdot 84 \times 10^5 \frac{kg}{m^2}}}$$

$$d_{min-agitador} = 0.016 [m]$$

$$d_{min-agitador} = 16 [mm]$$

El motor elegido es de ½ HP tipo FA Gearmotors donde el eje hueco es de 31.75 mm; por tanto, el diámetro del eje será el mismo; además para la verificación a fatiga se tomará el diámetro del eje de 31.75 mm (1 ¼ de pulgada) se adjunta hoja técnica del motor en el anexo 4.

### 3.5.2 Diseño a fatiga

La importancia de instaurar factores de seguridad es importante en este diseño, para ello se realiza el análisis del eje del agitador que estará dado por el método esfuerzo – vida [47]. De este modo se estima los límites de resistencia. Mediante la ecuación de Marín que queda expresada por:

$$S_e = S'_e \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \quad (14)$$

Donde:

$k_a$ : Factor de acabado superficial.

$k_b$ : Factor de tamaño.

$k_c$ : Factor de tipo de carga.

$k_d$ : Factor de temperatura.

$k_e$ : Factor de confiabilidad.

$k_f$ : Factor de efectos diversos.

$S'_e$ : Limite de fatiga sin corregir.

- Factor  $k_a$  depende de la calidad del acabado de la superficie y la resistencia a la tensión

$$K_a = a S_{ut}^b \quad (15)$$

Donde:

*Coefficientes a y b*: Se encuentran en el anexo 5.1

$S_{ut}$  : Resistencia mínima a la tensión del acero 304 ver anexo 5.2

$$K_a = 4.51 \cdot 568^{-0.265}$$

$$K_a = 0.8399$$

- Factor de tamaño  $k_b$  en piezas de sección circular con diámetro = d, sometidas a cargas de flexión y torsión se los expresa como se lo indica en el anexo 6:

$$K_b = 1.51 \cdot d^{-0.157} \quad (16)$$

$$K_b = 1.51 \cdot 60^{-0.157}$$

$$K_b = 0.7939$$

- Factor  $k_c$  se refiere al tipo de carga que va a tener el eje esto puede ser a flexión, torsión o axial y se representa en la siguiente expresión:

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{Flexión} \\ 0.85 & \text{Axial} \\ 0.59 & \text{Torsión} \end{cases} \quad (17)$$

Cuando la torsión es pura el valor de  $k_c$ ,  $k_{c, \text{ torsión}} = 0.577$  y si en algún caso la carga de torsión es combinada con flexión  $k_c = 1$

Al ser un eje donde existirá torsión y donde predomina este tipo de carga se selecciona el valor de  $k_c = 0.577$

- Factor  $k_d$  es la temperatura de operación ver anexo 7 siendo este el valor de  $k_d = 1$
- Factor  $k_e$  de confiabilidad es un valor estadístico que se lo puede observar en el anexo 8 adjunto en el documento y por defecto se considera una confiabilidad del 50% por lo que el factor es de  $k_e=1$
- Factor de concentración de esfuerzos por fatiga  $k_f$  es un factor que se toma en cuenta cuando hay irregularidades en el eje como ranuras, muescas u orificios y se determina con la ecuación

$$k_f = 1 + q (k_t - 1) \quad (18)$$

Donde:

$q$  = el factor de sensibilidad a la entalladura se adjunta grafica en el anexo 9

$k_t$  = factor de concentración de esfuerzos teóricos, obtenido por gráfica mediante el anexo 10, el factor de  $q$  es:

$$q = 0.7$$

$k_t = 3.5$  dado por la gráfica

$$K_f = 1 + 0.7 (3.5 - 1)$$

$$k_f = 2.75$$

$$k_f = \frac{1}{2.75} = 0.36$$

- Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria  $S'_e$ . Se conoce que el esfuerzo último del acero inoxidable AISI 304, es de  $S_{ut} = 530$  MPa

$$S'_e = 0.5 \cdot S_{ut} \tag{19}$$

$$S'_e = 0.5 (530) [MPa]$$

$$S'_e = 265 [MPa]$$

Utilizando la ecuación (14) de  $S_e$  se tiene :

$$S_e = 265 \cdot 0.8399 \cdot 0.7939 \cdot 0.577 \cdot 1 \cdot 0.36$$

$$S_e = 36.70 [MPa]$$



Para el cálculo del esfuerzo en el eje se tiene:

$$\tau = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot (d)^3} \quad (20)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 6.93 \text{ [kg} \cdot \text{m]}}{\pi \cdot (0.03175\text{m})^3}$$

$$\tau = 1102737.53 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\tau = 110.27 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] = 10.81 \text{ [MPa]}$$

$$\tau < S_e$$

$$10.81 \text{ [MPa]} < 36.70 \text{ [MPa]}$$

### 3.5.3 Sistema de agitación

Para tener un óptimo movimiento de la leche se fabricará dos impulsores tipo palas con una inclinación de  $10^\circ$  para romper la inercia que tiene la leche, con esto se produce un flujo de forma axial y radial, mejorando el proceso térmico en los muros internos del recipiente hacia el fluido. Las palas del impulsor tendrán un espesor de 5 milímetros que irán conectadas a un eje de 1 1/4 pulgada, la misma que tendrá una velocidad de giro de 90 rpm especificaciones del eje en acero 304 se adjunta en el anexo 11.

Tomando en cuenta Castillo [36] para el diámetro del agitador hay que tomar en cuenta el diámetro del tanque, ya que el diámetro del agitador debe ser de 0.35 a 0.65 veces el diámetro del tanque.

$$\phi_a = \phi_T \cdot 0,65$$

$$\phi_a = 0,03175 \text{ m}$$

Con las condiciones anteriores se obtiene las dimensiones para el agitador y las palas inclinadas y que se evidencian en la figura 21.

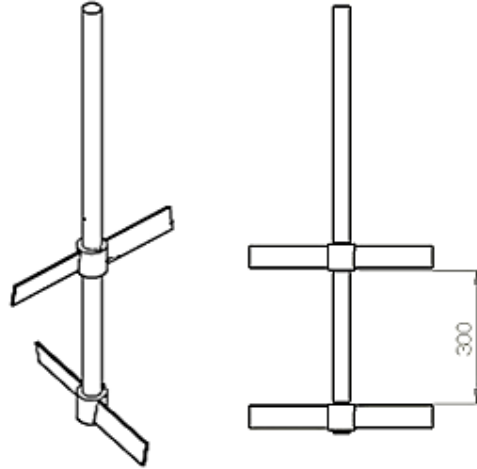


Figura 21. Agitador y palas inclinadas.

### 3.5.4 Cálculo en la potencia del agitador

Hay que recircular el volumen a las partes más alejadas del tanque para que así se obtenga una agitación efectiva, en la cual la turbulencia y velocidad de movimiento actúan como factores importantes que sirven para determinar su eficacia. Para conocer el consumo de potencia de un agitador se usan los números adimensionales, relacionado con Reynolds y muy importante el número de potencia [48].

$$Re = \frac{N \cdot d^2 \cdot \rho}{\mu} \quad (21)$$

$$N = \text{Velocidad de Rotación} = 90 \text{ rpm} = 1.5 \text{ [Hz]}$$

$$d = \text{Diámetro de agitador} = 0.03175 \text{ [m]}$$

$$\rho = \text{Densidad del fluido} = 1032 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\mu = \text{Viscosidad cinética} = 0,0022 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right]$$

$$Re = \frac{1.5 \cdot (0.03175 [m])^2 \cdot 1032 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]}{0,0022 \frac{kg}{m \cdot s}}$$

$$Re = 0.7 \times 10^3$$

Para Reynolds mayores a 10000 la cifra de potencia no depende de Reynolds y la viscosidad no afecta cuando se calcula la potencia consumida, por tanto:

$$N_p = K_T$$

De la cual,

$$P = K_T N^3 d^5 \rho \quad (22)$$

En la siguiente tabla se encuentran los valores de  $K_T$  de la tabla 7.

**Tabla 7.** Valores de  $K_T$

<b>Impulsor</b>	<b><math>K_T</math></b>
Tipo hélice 2 palas	
Marcha 1.0	0.32
Marcha 1.5	0.87
Turbina	
Disco 6 palas	5.75
6 Inclinadas	1.63
4 Inclinadas	1.27
Palas planas, 2 palas	4.70

Utilizando la constante de diseño con la ecuación (22) se encuentra como resultado una potencia de las palas que

$$P_{eje} = 1.27 \cdot (1.5 [Hz])^3 \cdot (0.03175 [m])^5 \cdot 1032 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$P_{eje} = 0.000143 [W]$$

$$P_{eje} = 1.9 \times 10^{-7} [HP]$$

Se define la potencia del motor considerando un 50 % de eficiencia del morreductor de ½ HP con la siguiente ecuación:

$$P_{motor} = \frac{P_{eje}}{eficiencia} \quad (23)$$

$$P_{motor} = \frac{1.9 \times 10^{-7} [HP]}{0.50}$$

$$P_{motor} = 3.8 \times 10^{-7} [HP]$$

Al mirar el resultado se sabe que el motor seleccionado de ½ HP tipo FA Gearmotors es óptimo para las condiciones de trabajo que se necesita y que es suficiente para adaptarlo al equipo.

### 3.5.5 Sistema del control del motor

Cualquier motor, independientemente de su potencia o tamaño, requiere de un regulador de control que actúe sobre una variable de salida analizando la variable de entrada. El tipo de tarea que debe realizar el motor es el primer paso en el desarrollo del sistema de control; para proyectos aún más complejas, se requieren controles mejor diseñados [49].

La tarea que realizará el motor dentro de la marmita es completar el transcurso de agitación del fluido mediante el proceso de pasteurización, esta es una tarea fácil porque debe completarse al final del proceso. Por tal motivo, se eligió la conexión de un conmutador al motor para proporcionar un tipo de control ON/OFF distinguido como todo o nada.

El modelo que se enlazara al motor es una botonera tipo todo o nada de potencia industrial Ecoled, el cual cuenta con un componente eléctrico diseñado en cobre para mejorar la conductividad, así como el actuador plástico de alta durabilidad unido a una capacidad de tensión de 500 V y una capacidad de corriente de 30 A.

### 3.6 Diseño de la estructura de soporte

Como estructura de soporte se tiene 4 tubos que estarán directamente soldados al tanque principal y pasarán por la camisa donde también estarán soldados, para este soporte de cuatro patas con una longitud de 110 mm, se utiliza el tubo de 2 in con un espesor de 3 mm, este soporte también ira sujeto al piso ya que en su otro extremo tendrá soldada una platina de 70x70 mm con 4 perforaciones de 8 mm como se puede ver en la figura 22.

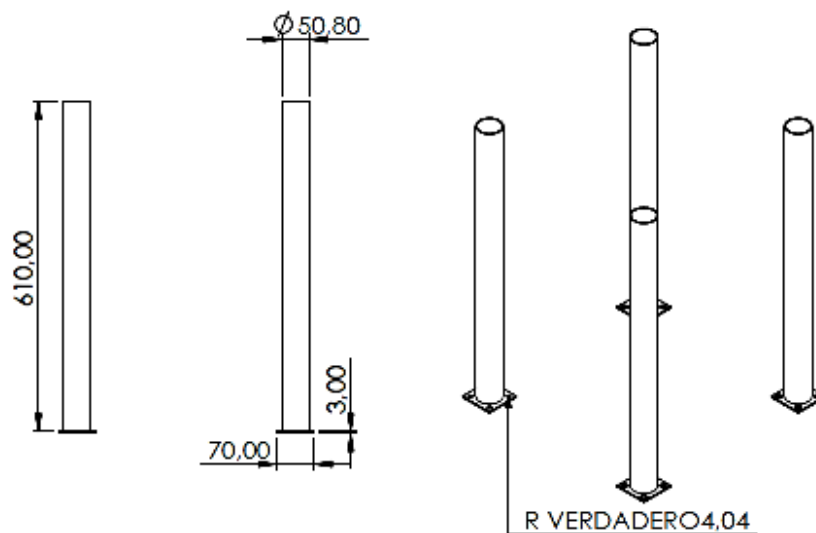


Figura 22. Estructura de soporte

Masa del tanque:

$$m_t = \rho_{inox} \cdot V_{tanque} \quad (24)$$

$$m_t = 28.6910 \text{ kg}$$

Peso del tanque:

$$Wt = mt \cdot g \quad (25)$$

$$Wt = 281.4587 \text{ [N]}$$

Masa de la tapa:

$$mta = \rho_{inox} \cdot V_{tapa} \quad (26)$$

$$mta = 5.1632 \text{ kg}$$

Peso de la tapa:

$$Wta = mta \cdot g \quad (27)$$

$$Wta = 50.6513 \text{ [N]}$$

Masa de la camisa:

$$mc = \rho_{inox} \cdot V_{camisa} \quad (28)$$

$$mc = 38.3705 \text{ kg}$$

Peso de la camisa:

$$Wc = mc \cdot g \quad (29)$$

$$Wc = 376.4149 \text{ [N]}$$

Masa de la leche:

$$ml = \rho_{lech e} \cdot V_{tanque} \quad (30)$$

$$ml = 258 \text{ kg}$$

Peso de la leche:

$$Wl = ml \cdot g \quad (31)$$

$$Wl = 2530.98 \text{ [N]}$$

Masa del agua:

$$ma = \rho_{agua} \cdot V_{camisa} \quad (32)$$

$$m_a = 86.2335 \text{ kg}$$

Peso del agua:

$$W_a = m_a \cdot g \quad (33)$$

$$W_a = 845.9507 \text{ [N]}$$

Peso total del tanque y fluidos internos:

$$W_{Tt} = 4085.4556 \text{ [N]}$$

Por otro lado, los esfuerzos creados por el motor y caja reductora son obtenidos del catálogo del motor reductor elegido [50]. De igual forma ubicados en su centro gravedad con un eje negativo en Y:

Masa del motor:

$$m_m = 9.74 \text{ kg}$$

Peso del motor:

$$W_m = m_m \cdot g \quad (34)$$

$$W_m = 95.5494 \text{ [N]}$$

Masa del reductor:

$$m_r = 15.8 \text{ kg}$$

Peso del reductor:

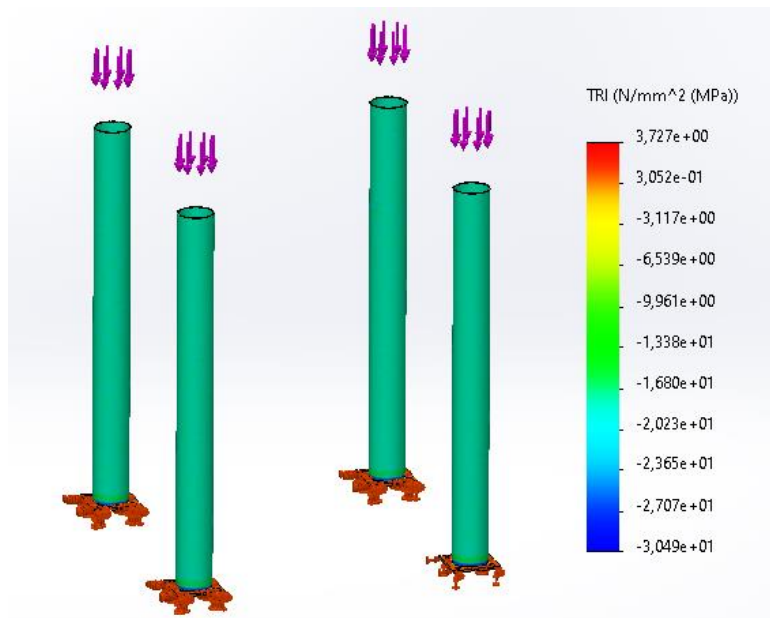
$$W_r = m_r \cdot g \quad (35)$$

$$W_r = 154.998 \text{ [N]}$$

Peso total del motor reductor:

$$WTm = 250.5474 \text{ [N]}$$

Peso total que resistirá el soporte es 4431,552 N, se observa los esfuerzos en la figura 23 para el soporte



**Figura 23.** Esfuerzos Estructura de soporte

Los resultados son favorables para el soporte de la máquina.

### 3.7 Diseño del sistema de generación de calor

Existen fuentes de calor diversas para generar energía térmica necesaria que produzca a una determinada temperatura, siendo las más importantes el vapor, la electricidad o el combustible. Para el primer factor se debe considerar la elección de los recursos energéticos disponibles, por falta de caldera con alto costo del kW/h, elija al combustible porque es de fácil acceso. Además, el país receptor de una subvención permite reducir costos maximizando los beneficios.



En el sistema de calentamiento para la elaboración de marmitas se optó por un quemador radial de gas butano, tiene como principal ventaja el alto poder calorífico, montaje sencillo, fácil mantenimiento, combustión estable y poco retroceso para combustión de alta eficiencia, fabricado en hierro fundido para soportar altas temperaturas de trabajo y una alta durabilidad, las rejillas de ventilación están hechas de aluminio fundido y no requieren entrada de aire, así reducir los costos de producción [51]. El quemador seleccionado se aprecia en la figura 24, para su instalación, se colocará sobre estructura móvil de tubo cuadrado de 20x20x2mm con esquinas 20x20x3 mm para facilitar el transporte y la limpieza.



**Figura 24.** Quemador radial atmosférico.

### **3.8 Análisis térmico**

El análisis térmico del sistema incluye un área cerrada. límite del sistema encapsula una cantidad fija de masa también conocida como consola. no hay flujo de una serie de cruces fronterizos. Por lo tanto, ningún bloque puede entrar o salir el sistema.

El álgebra de la energía aplicable en todo tipo de sistema se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E_{entra} - E_{sale} = \Delta E_{sistem}$$

La diferenciación de energía dentro del sistema es calculada por medio de la primera ley de la termodinámica.

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (36)$$

### 3.8.1 Análisis de variación de energía interna

Se considera los datos de tabla 6, para realizar el cálculo de la energía interna para la marmita:

Datos del fluido de trabajo:

$$Volumen = 250 \text{ lt} = 0.25 \text{ m}^3$$

$$C_p = 4.02 \text{ kJ/kgK}$$

$$\rho = 1032 \text{ kg/m}^3$$

$$p = \frac{m}{v} \quad (37)$$

$$m = 258 \text{ kg}$$

Datos de la chaqueta:

$$Temperatura \text{ en la cámara} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para obtener las propiedades termodinámicas en la camisa, se procede a la Tabla A-6 del libro Termodinámica de Cengel, para agua saturada [52].

$$Entalpia \text{ del agua a } 75 \text{ }^\circ\text{C} = h_v = 632.18 \text{ kJ/kg}$$

$$Entalpia \text{ del agua a } 15 \text{ }^\circ\text{C} = h_a = 62.982 \text{ kJ/kg}$$

$$Volumen \text{ especifico del agua} = v = 997 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$p = \frac{m}{V}$$

$$Volumen \text{ de la camisa} = 0.08649 \text{ m}^3$$

De acuerdo con los valores obtenidos, se calcula la masa de agua dentro de la camisa.

$$m_a = 86.2335 \text{ kg}$$

Las propiedades termodinámicas presentadas a continuación se determinan a partir del documento de Transferencia de Calor y Masa de Çengel.

Cilindro Externo Chaqueta AISI 304, 2.5 mm de espesor:

$$Cp = 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K$$

$$MCil_{EXT} = 38.3705 \text{ kg}$$

Cilindro Interno Tanque AISI 304, 2 mm de espesor:

$$Cp = 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K$$

$$MCil_{INT} = 28.6910 \text{ kg}$$

Tapa AISI 304, 2 mm de espesor:

$$Cp = 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K$$

$$M_{tapa} = 5.1623 \text{ kg}$$

Para obtener la delta de energía interna se suma de todas las variables del sistema de control, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Delta E_{sistema} = & [M \cdot Cp \cdot \Delta T]_{leche} + [M \cdot Cp \cdot \Delta T]_{tapa} + [M \cdot Cp \cdot \Delta T]_{cil.int} + [M \cdot Cp \cdot \Delta T]_{cil.ext} \\ & + [M \cdot (h_v - h_a)]_{agua} \end{aligned} \quad (38)$$

$$\begin{aligned} \Delta E_{sistema} = & [\Delta T] \{ [M \cdot Cp]_{leche} + [M \cdot Cp]_{tapa} + [M \cdot Cp]_{cil.int} + [M \cdot Cp]_{cil.ext} \} + [M \cdot (h_v \\ & - h_a)]_{agua} \end{aligned} \quad (39)$$

$$\Delta E_{sistema} = [348 - 288 \text{ }^\circ K] \{ [258 \text{ kg} \cdot 4.02 \text{ kJ/kg}^\circ K]_{leche} + [5.1632 \text{ kg} \cdot 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K]_{tapa} + [28.6910 \text{ kg} \cdot 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K]_{cil.int} + [38.3705 \text{ kg} \cdot 0.500 \text{ kJ/kg}^\circ K]_{cil.ext} \} + [86.2335 \text{ kg} \cdot (632.18 - 62.982 \text{ kJ/kg})]_{agua}$$

$$\Delta E_{sistema} = 113,480.2497 \text{ kJ} = 27,104.2919 \text{ kcal} = 31.5222 \text{ kWh}$$

### 3.8.2 Cálculo de transferencia de calor con los alrededores

Se cuantifica la energía que sale del sistema, para ello, se calcula los desgastes de calor por medios naturales de la cara superior de la marmita y el fluido adyacente a ella.

Transferencia de calor por convección natural:

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (40)$$

$$T_f = \frac{75 + 15}{2}$$

$$T_f = 45 \text{ }^\circ C$$

Según Çengel, en su libro de las propiedades de Transferencia de calor y masa, se analiza las temperaturas del fluido con la temperatura de película [52].

$$k = 0.02699 \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \quad (41)$$

$$v = 1.750 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$C_p = 1007 \frac{J}{\text{kg} \cdot ^\circ K}$$

$$\rho = 1.109 \text{ kg/m}^3$$

$$Pr = 0.7241$$

Se procede a realizar los cálculos correspondientes, se inicia por el coeficiente de expansión volumétrica, para calcular el número de Rayleigh el cual permite establecer la transferencia de calor del fluido.

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (42)$$

$$\beta = 0.0222 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$Gr_l = \frac{g \cdot \beta (T_s - T_\infty) \cdot Lc^3}{\nu^2} \quad (43)$$

$$Gr_l = 1.939 \times 10^5$$

$$Ra_l = Gr_l \cdot Pr \quad (44)$$

$$Ra_l = 1.404 \times 10^5$$

Para determinar la convección natural del número de Nusselt sobre superficies, un cilindro vertical puede tratarse como una placa siempre que su circunferencia cumpla la siguiente condición.

$$D \geq \frac{35L}{Gr_l^{\frac{1}{4}}} \quad (45)$$

$$0.6378 \geq 1.3$$

Si no se cumple la relación, se procede a utilizar la ecuación desarrollada por medio del método integral de la correlación del número de Nusselt para cilindro vertical resuelta por Sparrow, Gregg, Le Fevre y Ede [53].

$$Nu = \frac{4}{3} \left[ \frac{7 \cdot Gr_l \cdot Pr}{5(20 + 21 \cdot Pr)} \right] + \frac{4(272 + 315Pr)L}{35(64 + 63 \cdot Pr)D} \quad (46)$$

$$Nu = 7444.96$$

De esta manera, el coeficiente promedio de transferencia de calor sobre la superficie  $h$ , es:

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad (47)$$

$$h = 257.6147 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}}$$

Antes de determinar la emisión de calor por convección natural, se evalúa el área de la sección transversal de la transferencia de calor con el diámetro:

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (48)$$
$$A_s = 1.5628 \text{ m}^2$$

Fuga de calor debido a la transferencia termica al entorno del equipo se desarrolla por medio de la perdida por convección:

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_\infty) \quad (49)$$
$$Q_{conv} = 24156.015 \text{ W}$$

Para determinar las pérdidas de calor totales, se procede a calcular las perdidas por radiación con los datos del acero inoxidable 304:

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m} \cdot \text{K}^4$$

Posteriormente se calcula las afectaciones de calor por radiación, con la siguiente formula:

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot A_s \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (50)$$
$$Q_{rad} = 117.294 \text{ W}$$

Por lo tanto, el calor total es:

$$Q_{total} = Q_{conv} + Q_{rad} \quad (51)$$
$$Q_{total} = 24273.30 \text{ W}$$

Para obtener la energía que sale en la unidad de tiempo se multiplica por el tiempo de trabajo que la marmita requiere para el proceso de pasteurización, el cual se estima es 40 minutos.

$$E_{sale} = 24273,30 \text{ j/s} \times 2400s$$

$$E_{sale} = 58255.92 \text{ kj} = 16.1822 \text{ kWh}$$

Al calcular la variación de energía y las pérdidas de energía que salen del sistema, la energía requerida para la pasteurización de 250 lt de leche es:

$$E_{entra} = 31.5222 \text{ kWh} + 16.1822 \text{ kWh}$$

$$E_{entra} = 47.7044 \text{ kWh}$$

La energía requerida para la pasteurización de 250 lt de leche dentro de la marmita, por lo que se elige un quemador radial de 2 puntos con una generación de calor de 45000 kcal/h.

### **3.9 Simulación y resultados**

Hay que simular componentes del interior del tanque y cómo actúan en el mismo también se llevara a cabo la simulación de la estructura que en este caso es el soporte donde será montada la marmita y el análisis térmico del tanque los mismos que serán analizados en el programa SolidWorks. Para llevar a cabo estos estudios se debe contar con las presiones, esfuerzos y cálculos obtenidos anteriormente que se llevaron a cabo por medio del uso de fórmulas matemáticas. El objetivo de realizar la simulación es verificar y respaldar que la marmita funcionara en óptimas condiciones.

#### **3.9.1 Análisis computacional de las fuerzas ejercidas en el tanque**

Para realizar el análisis en el tanque se utiliza los esfuerzos que se obtiene de la presión hidrostática de la materia prima, los mismos que hacen que sus esfuerzos sean hacia las paredes del tanque, para lo cual es necesario realizar un análisis estático en el cual se analizaran los esfuerzos verticales y horizontales de 3928.4608 N y 2522.9126 N las mismas fuerzas que también actúan sobre el fondo del tanque, hay que considerar que el material utilizado es AISI 304 de 2 mm de espesor y para la base un espesor de 3 mm.

### 3.9.2 Esfuerzos de Von Mises

A continuación, se puede ver dónde se exhibe la figura 25 de las tensiones que ejercen las fuerzas hidrostáticas en el tanque, así se comprueba que si cumple con los requerimientos de la magnitud física que es proporcional a la energía de distorsión que actúa en el interior del tanque, en el mismo que se tiene un valor de 68.249 MPa, su límite elástico  $S_y$  AISI 304 es 206.807 MPa, con estos resultados se comprueba que no existirán fallos de tensión en el tanque

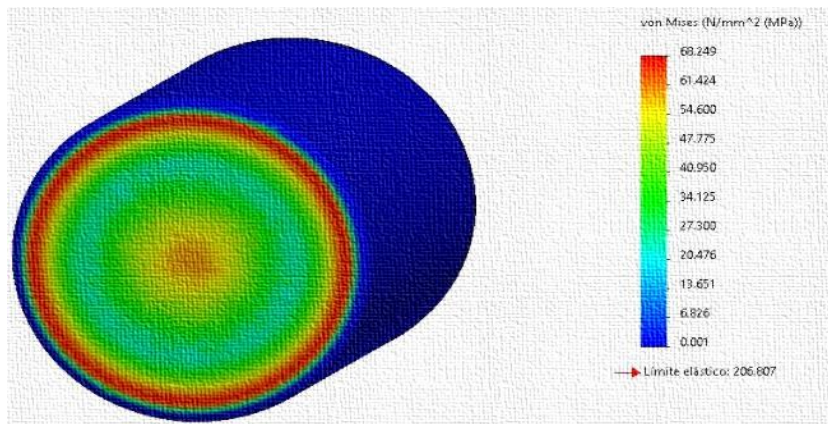
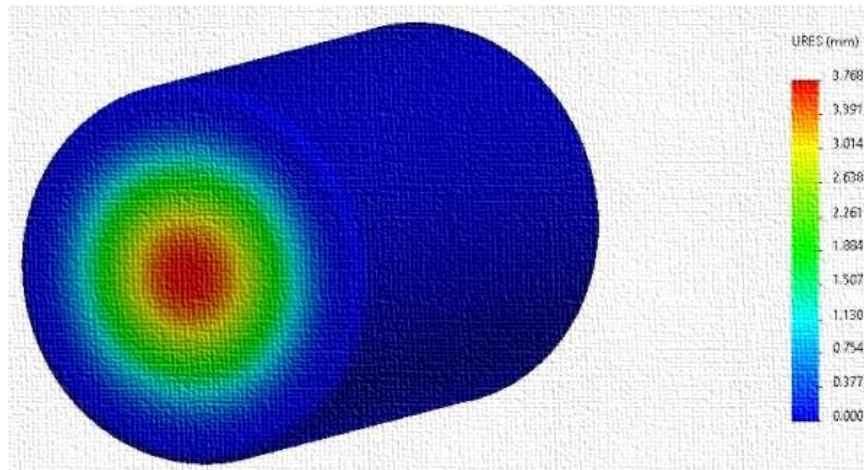


Figura 25. Simulación Von Mises en el tanque

### 3.9.2 Desplazamientos

Después de haber simulado y al ver los resultados se constata que la mayor cantidad de magnitud se ejerce en el centro del fondo del tanque donde se obtiene como valor máximo 3.7 milímetros, como se observa en la figura 26 es en ese punto donde toda la fuerza de la materia prima se concentra es decir en el centro de la base. No afectara este desplazamiento a la estructura del depósito dado que el tanque tiene unas medidas de 900 milímetros de altura y un diámetro de 637.8 milímetros, entonces la resultante del desplazamiento resulta ser mínima.





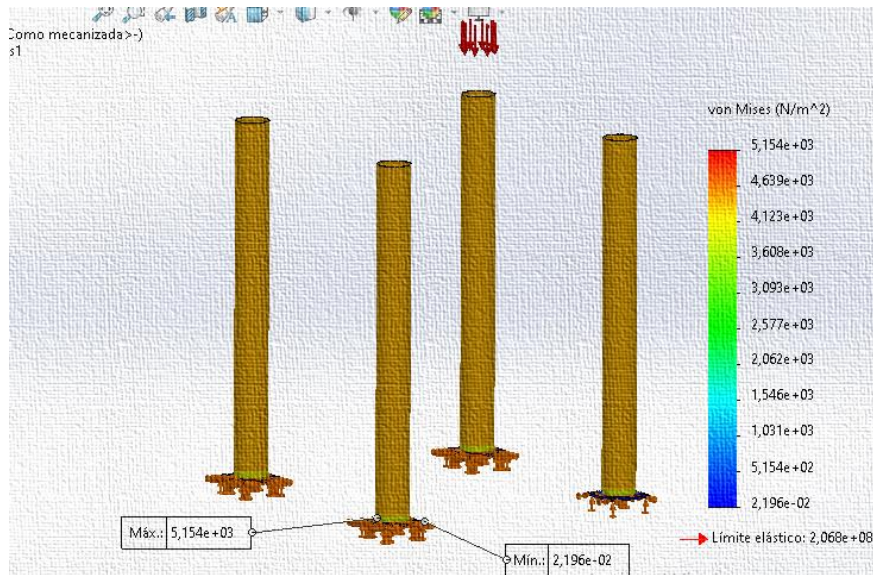
**Figura 26.** Simulación de desplazamientos en el tanque

### 3.9.3 Simulación de esfuerzos en el tanque

Para realizar esta simulación hay que tomar en cuenta todas las cargas que tiene la máquina en este caso la pasteurizadora, tomando los datos antes ya calculados en el capítulo 3, al sumar el peso de la marmita, los fluidos internos, el motor y la caja reductora se obtiene una carga total de magnitud de 4431,552 N, estas cargas estarán sobre la base soporte y se simula en el software SolidWorks para evaluar las tensiones ejercidas, desplazamiento y deformaciones unitarias.

### 3.9.4 Esfuerzos de Von Mises

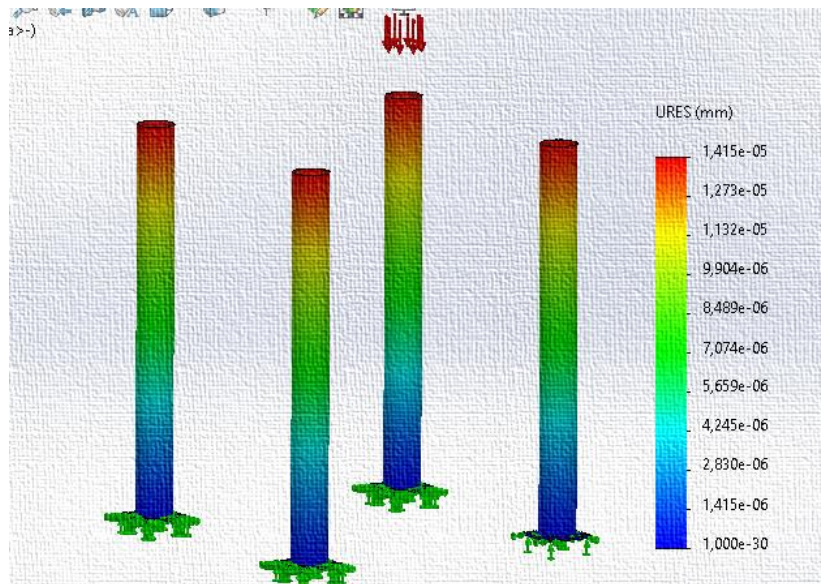
Se puede ver la figura 27 donde se exhibe la gráfica de tensiones que ejercen las fuerzas hacia abajo las mismas fuerzas que son la carga del tanque, el motor, el reductor, y los fluidos entre otros dando como carga final 4431,552 N, con esta carga se simula y se obtienen los resultados que al analizarlos se puede constatar que la estructura de soporte no presentara fallos al poner en marcha la pasteurizador



**Figura 27.** Esfuerzos de Von Mises

### 3.9.5 Análisis de desplazamientos

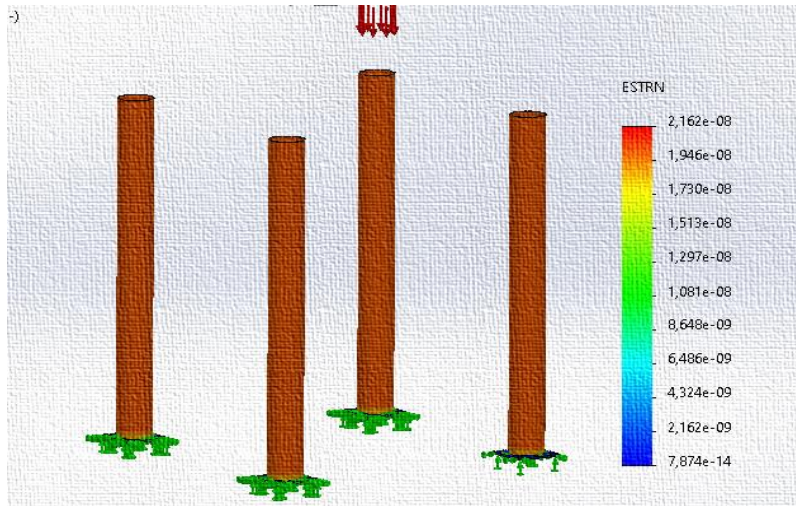
Al tener la simulación se puede observar en la figura 28 a los desplazamientos y se observa que el desplazamiento máximo es 0,000014 mm, por lo cual se confirma el funcionamiento correcto del soporte de la marmita.



**Figura 28.** Análisis de desplazamiento

### 3.9.6 Análisis de deformaciones unitarias

Al observar la simulación en la figura 29 se tiene una deformación máxima de 0,000000021 mm por tanto el soporte tendrá un funcionamiento correcto sin deformaciones al utilizar la pasteurizadora.



**Figura 29.** Análisis de deformaciones unitario

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ECONÓMICO

Para poder financiar y tener un panorama financiero claro es necesario realizar el análisis de los costos de los servicios y compra de materiales que un proyecto necesita para su ejecución, en el cual se cabe mencionar la división de dos tipos de costos que influyen de manera directa en el proyecto de este modo obtener un plan eficiente y coordinado. En el presupuesto directo se considera al material de construcción, mano de obra, instalación y los procesos de manufactura, por otro lado, para el presupuesto indirecto se considera el servicio de transporte. Para obtener un enfoque certero de la construcción de la marmita se analiza dos tipos de proformas de empresas encargadas a la construcción de este tipo de equipos

#### 4.1 Costos

Para la propuesta tecnológica planteada, es oportuna la evaluación de costos, que serán divididos en costes directos e indirectos de tal forma que se pueda evidenciar el presupuesto y la rentabilidad del proyecto, para llevar a cabo la construcción de una marmita pasteurizadora de leche que tiene como capacidad en volumen de 250 lt. Los recursos tanto materiales como humanos involucrados para la obtención del equipo.

##### 4.1.1 Presupuesto directos e indirectos

Los gastos son variables claves para la gestión del proyecto donde se incluye la estimación presupuestaria y control de los costos, con el que se pretende obtener un presupuesto verídico, logrando obtener un plan eficiente y coordinado. Por tanto, se puede destacar en la propuesta tecnológica los siguientes costos:

- Materia prima para la construcción se lo atribuye debido a que se lo traduce siendo un producto físico
- Proceso de manufactura y mecanizado
- Elementos estandarizados para la construcción de marmitas

- Mano de obra para la instalación

Por consiguiente, se pueden detallar el costo indirecto para el presupuesto de la propuesta que es:

- Alquiler de servicios de movilidad para el movimiento de materiales y el equipo a instalar

## 4.2 Lista de costos directos

La lista de precios para los llamados costos directos son todos los puntos directamente afines con la ejecución de la elaboración de la propuesta en base al diseño adecuado.

### 4.2.1 Materia prima

Adquirir los materiales denominados como materia prima tratados bajo la aplicación de procesos ideales de manufactura para la construcción de la marmita propuesta, son de gran importancia para manejar un resultado del equipo de calidad y eficiente. Los materiales se pueden observar en la tabla 8 con el precio final incluye IVA, los lugares que brindaron la información son empresas que ofrecen el servicio de venta en acero y materiales de construcción para metalmecánicas en todo el país.

**Tabla 8.** Costos de materia prima.

<b>Material</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
Plancha de acero AISI 304 N.-4	Acero de calidad mate con un espesor de 2 mm	2	\$219.42	\$491.50
Plancha de acero AISI 304 N.-4	Acero de espesor 2.5 mm	1	\$260	\$291.20
Tubo redondo Inox. Pulido	2 in x 1.5	2	\$49.37	\$110.59
Eje bajo la norma AISI 304	Medida de 1 ½ in	1	\$17.75	\$19.88
Plancha de acero AISI 304 N.-4	Espesor de 1.5 mm	1	\$175	\$196
<b>TOTAL</b>				<b>\$1.109,17</b>

#### 4.2.2 Proceso de manufactura y mecanizado

El servicio de mecanizado y costo del uso de maquinaria para el proceso de manufactura como tornos, sueldas, herramientas entre otros, son precios que dan empresas dedicadas al servicio de metal mecánica, es decir es un servicio donde implica la manufactura en la obtención del equipo, además se añade el valor del uso por horas de la maquinaria como se refleja en la tabla 9.

**Tabla 9.** Costos del proceso de manufactura

<b>Proceso de manufactura</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario por hora</b>	<b>Total</b>
Soldadura GTAW con aporte 1/16"ER 308L	58	\$6.00	\$348.00
Doblado	20	\$8.00	\$160.00
Barolado	20	\$8.50	\$170.00
Corte por láser	23	\$11.00	\$253.00
Corte con electro hilo	4	\$10.00	\$40.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$971.00</b>

#### 4.2.3 Elementos estandarizados

Son productos de uso industrial usados para la implementación y adecuación de máquinas, en el caso de la marmita se necesitarán los que por consiguiente se muestra la tabla 10, además que son elementos vigentes en el mercado y precios estándar.

**Tabla 10.** Costos de elementos estandarizados

<b>Producto</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
	Ortogonal de media			
Moto reductor	potencia de 110 / 220 V 60 HZ	1	\$490.50	\$549.36
Válvula de bola	Clamp 2"	2	\$55.46	\$124.23
Termopar digital	Rango de medida 60 °C a 150 °C	1	\$40.00	\$44.80
Quemador para gas GLP	45000 kcal/h	1	\$120.00	\$134.40
Tornillos	Tipo mariposa de 66 x 30 x 13.2 mm	6	\$6.50	\$43.68
Regulador de gas	Centralina de 2 pnts.	1	\$82.00	\$91.84
Tuerca hexagonal	3/8 – 1plg	22	\$0.32	\$7.88
Perno hexagonal	3/8 x 1½ - 1 plg	22	\$1.57	\$38.68
Neplo flex SCH – 40	½ plg x 200 mm	2	\$14..50	\$32.48
Arandela	Inox. 5/8"	22	\$0.23	\$5.67
<b>TOTAL</b>				<b>\$1 073.03</b>

#### 4.2.4 Instalación

Se necesita conocer a la perfección el costo de recursos humano para el manejo e instalación adecuada en el montaje de la maquina en este punto en el costo se necesita conocer el costo por hora del operario, además de la capacitación del técnico para el equipo en marcha y se detallan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Precios de instalación

<b>Persona técnico y Operarios</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario por hora</b>	<b>Total</b>
Técnico de planta	7	\$15.00	\$105.00
Operario soldador	58	\$12.00	\$696.00
Operario en planta	16	\$8.00	\$128.00
Asesoramiento en asuntos de Ingeniería	10	\$35.00	\$350.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1 279.00</b>

#### 4.2.5 Presupuesto total de costos directos

Mediante el análisis se evidencia un total de costos en la tabla 12 donde se puede evidenciar los valores económicos que se encontraran presentes de manera general en toda la construcción de la propuesta de diseño para la marmita con necesidades especiales para la comunidad de Alaspungo.



**Tabla 12.** Presupuesto de costos directos

<b>Ítem</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Total</b>
1	Costos de materia Prima	1	\$1 109,17
2	Costos del proceso de manufactura	1	\$971.00
3	Costos de elementos estandarizados	1	\$1 073.03
4	Precios de instalación	1	\$ 1 279.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$4 432.20</b>

#### **4.3 Lista de costos indirectos**

Se representa por los costos de alquiler y costos de transporte, servicios indispensables para la movilidad del equipo, los materiales de construcción y en especial el personal técnico que ejerce la instalación de la maquinaria. En vista de la dificultad de transporte hacia la parroquia de Nono y la comunidad de Alaspungo es esencial añadir el costo de flete al presupuesto del proyecto que se reflejan en la tabla 13.

El transporte de materiales y la disponibilidad de movilidad se hace relativamente indispensable para el proyecto debido a la planificación de tiempos. Además, para poder entregar el equipo en óptimas condiciones y de acuerdo a un plan de actividades establecido.

**Tabla 13.** Presupuesto de costos indirecto

<b>Ítem</b>	<b>Precio</b>	<b>Cantidad por flete</b>	<b>Total</b>
1	Transporte de materiales	4	\$ 400.00
2	Transporte de personal técnico	2	\$45.00
3	Transporte de la maquina fabricada	1	\$ 250.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 695.00</b>

#### 4.4 Presupuesto total del equipo

En el siguiente listado que se muestra en la tabla 14 se presenta los valores totales que resultaron de los presupuestos y el total del costo del equipo. Para el costo directo e indirecto del proyecto se ha establecido factores que será indispensables para la evaluación financiera del proyecto que tiene como objetivo mejorar la producción en la comunidad. De este modo las personas beneficiadas obtendrán un mejor producto, mejorar sus tiempos de producción y tener más rentabilidad.

**Tabla 14.** Presupuesto total del equipo

<b>Ítem</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
1	Presup. saldos directos	\$ 4 432.20
2	Presup. saldos indirectos	\$ 695.00
Total		<b>\$5 127.20</b>

#### 4.5 Propuestas económicas de empresas fabricantes de marmitas

En vista de realizar un análisis financiero y presupuestario es importante considerar propuestas de construcción para el proyecto. Ofertas de empresas dedicadas a la fabricación de estos equipos pasteurizadores realizaron sus proformas y han basado sus costos en función de los planos previamente elaborados como se indica en la tabla 15.

**Tabla 15.** Montos de la construcción de marmita sin incluir el material

<b>Ítem</b>	<b>Empresa</b>	<b>Valor</b>
1	MAYPROM Ingeniería & Construcción	\$ 2 500
2	Metalmecánica VELOZ	\$ 1 500

Por consiguiente, en la tabla 16 se tiene proformas de dos tipos, la que se puede evidenciar en los anexos, en las tablas siguientes se especifica el valor de las proformas, el valor no incluye IVA y cabe recalcar que no incluye costos indirectos de transporte.

**Tabla 16.** Montos de la construcción de marmita incluido el material

<b>Ítem</b>	<b>Empresa</b>	<b>Valor</b>
1	MAYPROM Ingeniería & Construcción	\$ 4 800
2	Metalmecánica VELOZ	\$ 3 112.64

## CONCLUSIONES

La leche entera tiene muchas propiedades nutricionales, las propiedades vitamínicas hay que conservarlas por lo cual se debe utilizar métodos térmicos de pasteurización para no alterar su naturaleza física y a partir de la leche pasteurizada producir productos de excelente calidad. Hay que tomar en cuenta que la leche debe ser almacenada a una temperatura de 4 °C a 6 °C para que no represente inestabilidad o grumos.

Después de ver todas las alternativas para construir una mamita, se optó por construir la marmita a gas, la misma que posee un quemador de tipo atmosférico ya que es más económico y eficaz, además no modifica la naturaleza física, química y nutritiva de la leche, y destruye el 100 % de las bacterias patógenas y el 99 % de bacterias alterantes. Y consta de un agitador que llega a velocidades de 20 a 180 rpm debido a la conexión del motor.

Se ha llevado a cabo la elaboración de los planos de la marmita con la capacidad de 250 lt y disminuyendo costos para que sea accesible para la comunidad de Alaspungo,, con los mismo beneficios que otras marmitas más costosas podrían tener, los planos fueron elaborados en el software especializado llamado SolidWorks en el cual también se realizaron simulaciones para constatar que el funcionamiento será óptimo y la resistencia de su soporte no presentara fallas al momento de poner en marcha la máquina. La marmita tiene un tanque interno dimensionado con una capacidad de 287.5 lt en el mismo que se pasteurizaran 250 lt, el tanque excede unos litros para que al momento de que la máquina esté en funcionamiento no se desborde la materia prima. Asimismo, en su camisa almacena 86 lt de agua el cual será el fluido de calentamiento. Todo esto será fabricado con material AISI 304 de 2 mm. Y la base del tanque con AISI 304 de 3 mm.

Tener esta marmita es una gran ayuda para las personas de la comunidad de Alaspungo porque tienen grandes beneficios y a un bajo costo por lo cual después de entregar la primera marmita va a llamar mucho la atención de otras personas que se dedican al mismo negocio ya que su capacidad de pasteurizar cada 50 min 250 lt de leche para que luego esté lista para transformarla en productos como el queso, por lo tanto las personas de sus alrededores solicitaran una marmita para mejorar su producción y producto, es un producto que se comercializará por si solo con los resultados de su trabajo

## RECOMENDACIONES

El equipo necesita utilizar materiales aptos para la manipulación de alimentos, es este caso la fabricación del tanque debe ser en totalidad hecho en acero AISI 304, ya que así se puede obtener una garantía para que el equipo sea apto para su uso, es decir que el producto obtenido al ser tratado en la marmita será de calidad y con todas las medidas de inocuidad.

El diseño y elección de los componentes del sistema de agitación son relevantes al momento de pensar en la eficiencia del equipo en el aspecto del tratamiento térmico que existe entre la sustancia a procesar y el fluido interno de la chaqueta, para ello se recomienda usar el tipo de palas inclinadas.

Hay que tener en cuenta que en el sistema térmico de la marmita existirán pérdidas de calor con valores realmente bajos. De tal forma que se recomienda trabajar con la tapa cerrada, para que adicional a ello exista una pasteurización de calidad.

Para las simulaciones se recomienda trabajar con software computacionales debido a que se necesita conocer el estudio de cargas estructurales en este caso se recomienda usar el software SolidWorks de tal forma que se pueda lograr resultados lo más cercano a la realidad para conseguir un análisis de respaldo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] T. Vargas, “Calidad de la leche: Visión de la industria láctea,” *X Congr. Venez. Zootec. Guanare. Vol. Memorias. Conf.*, pp. 297–302, 2000, [Online]. Available: [http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P297\\_CalidadLeche.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P297_CalidadLeche.pdf).
- [2] K. Vásquez Castillo, “Caracterización Físicoquímica y Organoléptica de leche entera ultrapasteurizada (UHT) procesadas en las empresas lácteas establecidas en Nicaragua,” 2018.
- [3] A. Diver and B. M. Oswaldo, “Composición nutricional de la leche de ganado vacuno,” *Rev. Lasallista Investig.*, vol. 2, no. 1, pp. 38–42, 2005, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69520107>.
- [4] R. WingChing-Jones and E. Mora-Chaves, “Composición de la leche entera cruda de bovinos antes y después del filtrado,” *Agron. Mesoam.*, vol. 24, no. 1, p. 203, 2013, doi: 10.15517/am.v24i1.9799.
- [5] INEN NTE 09, “Norma Técnica Ecuatoriana. Leche cruda, requisitos,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, vol. Uno, p. 2, 2012, [Online]. Available: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento\\_BL\\_NTE\\_INEN\\_9\\_Leche\\_cruda\\_Requisitos.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_BL_NTE_INEN_9_Leche_cruda_Requisitos.pdf).
- [6] J. Cruz and E. Suarez, “Produccion de Queso,” 2005, [Online]. Available: <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art87/int87.htm>.
- [7] D. Begazo Chara, “Tratamientos para la conservación de la leche – cloruro de sodio y estandarización de sales – separación por sedimentación,” *Univ. Nac. San Agustín Arequipa*, pp. 1–132, 2014, [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6925/EDMcccacm.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- [8] N. Rios, M. L. Pdf, R. Rodrigues Ruiz, M. Leche, and D. Berroa, “Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz 2010 CALIDAD DE LA LECHE CRUDA

Related papers,” 2010.

- [9] E. C. Guaraca Pino and L. A. Guaraca Sigüencia, “Plantas De Lacteos Viglac,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, p. 10, 2019, [Online]. Available: [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33798/2/Guía Técnica del proceso de Pasteurización de leche.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33798/2/Guía%20Técnica%20del%20proceso%20de%20Pasteurización%20de%20leche.pdf).
- [10] D. F. Tirado *et al.*, “Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño,” *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 11, no. 21, p. 36, 2017, doi: 10.31908/19098367.3275.
- [11] S. Erazo and M. Lata, “Diseño Y Construcción De Una Marmita Automatizada Para La Elaboración De Queso,” p. 147, 2012.
- [12] C. Calderon-Cordova, J. Criollo, J. Fernandez, D. Japon, R. Remache, and C. Ramirez, “Temperature monitoring system for the pasteurization process applied to the small dairy industry,” *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist.*, vol. 2018-June, no. October, pp. 1–7, 2018, doi: 10.23919/CISTI.2018.8399294.
- [13] R. Bermeo, “Reinstalación y operación en línea del equipo de pasteurización y envasado de leche de los laboratorios de la universidad del azuay,” 2008.
- [14] M. a Storti, “Modelado numérico de pasteurización artesanal de leche y jugos naturales,” vol. XXXII, pp. 19–22, 2013.
- [15] Y. Reynosa, “Comparación de la composición química en diez marcas de queso panela,” *Phys. Rev. E*, no. June, p. 53, 2011.
- [16] M. A. Juárez, B. Moscoso, J. A. H. M. Mérida, L. Samayoa, G. Juárez, and K. Gamboa, “Buenas prácticas en el manejo de la leche ‘Procesos para la elaboración de productos lácteos,’” *Fao*, pp. 3–38, 2011, [Online]. Available: <http://www.fao.org.gt>.
- [17] Universidad nacional de plata, “Introducción a la elaboración de quesos,” *Univ. Nac. la Plata*, pp. 1–31, 2020.
- [18] Instituto de nutrición de Centro América y Panamá, “Selección, preparación y conservación de alimentos leche y sus derivados,” vol. 3, 2020.

- [19] Y. Paz, “Beneficios nutricionales de la leche evaporada,” *Rev. Prof. Salud*, pp. 7–16, 2019, [Online]. Available: <https://labuenanutricion.com/wp-content/uploads/2020/02/boletin-la-buena-nutricion-16.pdf>.
- [20] M. Agroideas, “Catalogo de maquinaria para procesamiento de lacteos 1,” pp. 1–36, 2015.
- [21] P. Llangarí, “INIAP -Estación Experimental Santa Catalina.” p. 10, 1985, [Online]. Available: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>.
- [22] I. Dalmau Serra, Gil Canalda, P. Gil Gregorio, P. Matía, and R. Ortega Anta, “Leche, Nata, Mantequilla y otros Productos Lácteos, Monografía Científica.” *Plan Nutr. y Comun. Prod. Lácteos insostituibles*, p. 5,9,22, 2014, [Online]. Available: [http://www.lacteosinsostituibles.es/p/archivos/pdf/monografia\\_queso\\_yogur\\_otraslechesfermentadas.pdf](http://www.lacteosinsostituibles.es/p/archivos/pdf/monografia_queso_yogur_otraslechesfermentadas.pdf).
- [23] E. Chaguasay and C. Picho, “Diseño Y Construcción De Una Marmita Cilíndrica Con Agitador Y Fondo Esférico Con Rango De Temperatura De 70°C a 80°C Para Producción De 50 Litros De Aderezos,” *Tesis*, vol. 1. p. 87, 2016, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- [24] V. J. Manrique, “DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN EN MARMITAS AUTOGENERADORAS DE VAPOR COMO ALTERNATIVA PARA PROMOVER SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DESCENTRALIZADO.” pp. 50–59, 2015.
- [25] S. Céspedes, “Diseño de una marmita enchaquetado con agitador para la producción de papilla 1.” p. 11, 2008.
- [26] lactoequipos, “MARMITAS – LACTO EQUIPOS,” *Lacto Equipos*, 2017. <https://lactoequipos.wordpress.com/2017/11/12/marmitas/> (accessed Jun. 08, 2022).
- [27] L. Villalva López and E. Echeverría, “Diseño e Implementación de Máquina Automática Multifunciones para obtener Mermeladas, Jugos de Fruta y Pulpa de Fruta Pasteurizada,” p. 108, 2012, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4506/1/UPS-GT000405.pdf>.



- [28] M. Paucar and F. Orta, “Diseño y construcción de un sistema de enfriamiento para el equipo de extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor.” *Tesis de Grado*, 2018, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8655>.
- [29] G. González and B. Pur, “Manual de Instalación y Operación Marmita de Volteo Enchaquetada de 2/3 a Gas,” *Emecanica.Ingenieria.Usac.Edu.Gt*, vol. 35461, no. 53, pp. 1–75, 2015, [Online]. Available: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.
- [30] D. S. Yuniel, J. B. Reinier, and L. R. M. Josefa, “Eficiencia energética en el uso del vapor para la cocción de alimentos,” pp. 29–36, 2017, [Online]. Available: <https://bit.ly/3FeDmLO>.
- [31] Citrus, “Marmitas a gas,” *Comercial*, 2021. <https://citrus.mx/producto/marmitas-a-vapor> (accessed Jun. 20, 2022).
- [32] Electrolux, “Cocina de alta productividad Marmita eléctrica con Agitador Variomix 50lt , basculación a 600mm Características técnicas Cocina de alta productividad Marmita eléctrica con Agitador Variomix 50lt , basculación a 600mm Cocina de alta productividad Marmita e.” .
- [33] M. A. H. Neri, “Diseño de Tanque de Agitación,” *Fund. Univ. Las Américas Puebla*, p. 6, 2004.
- [34] P. Gutierrez Turpo and J. A. Quispe Flores, “Diseño, construcción de un equipo prototipo optimizador de tratamientos a pequeña escala y su validación en el procesamiento de queso,” 2017.
- [35] J. J. Anleú Ruiz, “Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería,” *Univ. San Carlos Guatemala*, vol. 4, pp. 1–75, 2016, [Online]. Available: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.
- [36] V. Castillo, “Diseño y Calculo de un Agitador de Fluidos,” *Fac. Ingeniería Dep. Ingeniería mecánica*, p. 69, 2013, [Online]. Available:

[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo\\_Uribe\\_Vladimir.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf).

- [37] E. D. G. Larrea, “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA CAJA REDUCTORA DE VELOCIDAD,” 2016.
- [38] A. Valiente Barderas, *Ingeniería del calor*. 2013.
- [39] K. Ávila Balaguera, R. Rodríguez Baracaldo, and É. Espejo Mora, “Análisis del rolado en planchas de acero estructural de alta resistencia (S690QL),” *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 15, no. 28, pp. 71–82, 2016, doi: 10.22395/rium.v15n28a4.
- [40] T. Kosa y R. P. Ney, *Machining of Stainless Steels, Russell Township: ASM HANDBOOK*. 1989.
- [41] J. Směd, “EL METALISTA: Soldadura T.I.G,” *blogspot*, 2015. [https://enacero.blogspot.com/2015/09/soldadura-tig\\_8.html](https://enacero.blogspot.com/2015/09/soldadura-tig_8.html) (accessed Jun. 23, 2022).
- [42] G. P. Garcia, “Un proceso General De Diseno En Ingenieria Mecanica,” *Ing. e Investig.*, vol. 0, no. 10, pp. 35–43, 2011.
- [43] N. Detalles *et al.*, “Acero inoxidable ;,” pp. 1–12, 2014.
- [44] D. Gamarra, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” 2020.
- [45] Restrepo J, “Código Api 650 Y 653,” *Asme*, no. 571, 2019, [Online]. Available: [www.hidrocarburos.com.co](http://www.hidrocarburos.com.co).
- [46] Gesa, “Catálogo general termómetros.” p. 8, 2022.
- [47] R. G. Budynas and J. K. Nisbet, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley Contenido*, vol. 1999, no. December. 2006.
- [48] R. H. C. Warren L. McCabe, Julian C. Smith, Peter Harriot, “Operaciones unitarias en ingeniería química,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [49] P. O’shea, “Motor Control Drivers - Power Electronics News.” <https://www.powerselectronicsnews.com/motor-control-drivers/> (accessed Jun. 22, 2022).

- [50] PRODUCTOS METALÚRGICOS DEL ECUADOR S.A., “MOTOR TRIFASICO 1800 RPM ‘WEG’ 1/2 HP | PROMESA.” <https://www.promesa.com.ec/producto/motor-trifasico-1800-rpm-weg-1-2-hp> (accessed Jun. 22, 2022).
- [51] D. Alejandro and E. Landivar, “Escuela politécnica nacional,” 2013.
- [52] Y. A. ÇENGEL and M. A. BOLES, *Termodinámica Iv.* 2012.
- [53] S. S. Goodrich and W. R. Marcum, “Natural convection heat transfer and boundary layer transition for vertical heated cylinders,” *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 105, no. September 2018, pp. 367–380, 2019, doi: 10.1016/j.expthermflusci.2019.04.010.

## ANEXOS

### Anexo 1. Especificaciones generales del acero AISI 304 tomado del catálogo de DIPAC

## PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

### Norma: AISI 304

#### Especificaciones Generales:

ESPEORES	desde 0.40-15mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

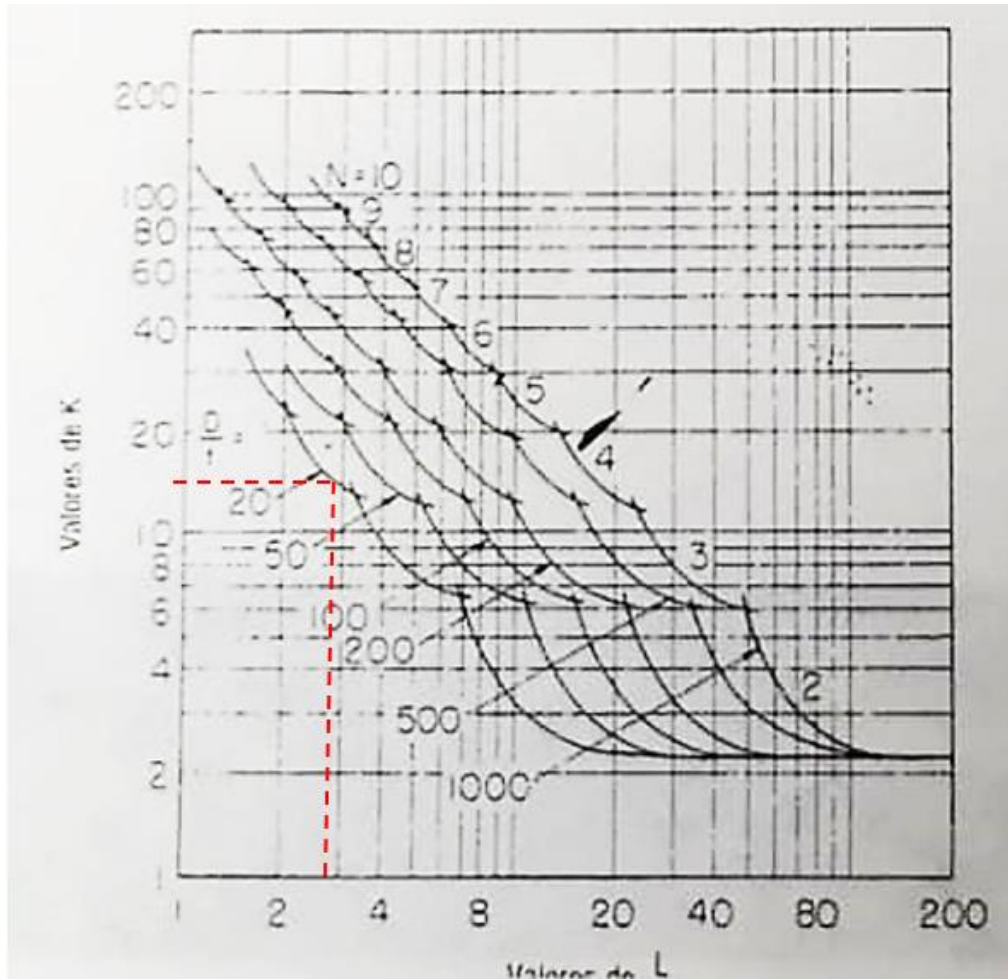
#### COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

#### PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

**Anexo 2.** Valor de k para determinar el espesor bajo la fórmula de presiones por aplastamiento



### Anexo 3. Especificaciones del termómetro



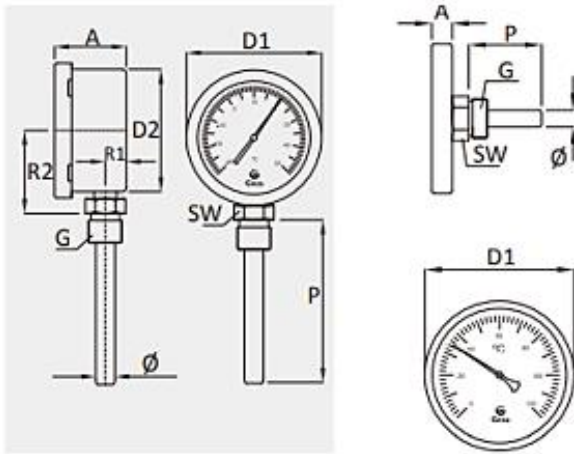
#### Especificaciones técnicas

Material caja	Acero inoxidable AISI 304
Cierre	Radial: Bayoneta/ Posterior: Aro sellado
Material visor	Vidrio
Rangos de temperatura	-30+50°C / 0+60°C / 0+120°C / 0+200°C / 0+400°C
Subdivisión	1° para rangos hasta 100°C 2° para rangos a partir de 100°C 5° para rangos a partir de 250°C
Escala	Celsius
Clase	1.0
Tipo de conexión	Funda de protección
Material conexión	Latón
Rosca de conexión	1/2" BSP
Material vástago	Acero inoxidable AISI 304
Grado de protección	IP56 según EN 60529
Temperatura de trabajo	-40 a 65°C
Presión sobre el vástago	Máxima 16 bar

Termómetros de dial con tira bimetalica con elementos internos en aleación de latón.

Fabricados de acuerdo con la norma EN 13190. Entrada del tubo capilar en la caja radial o posterior.

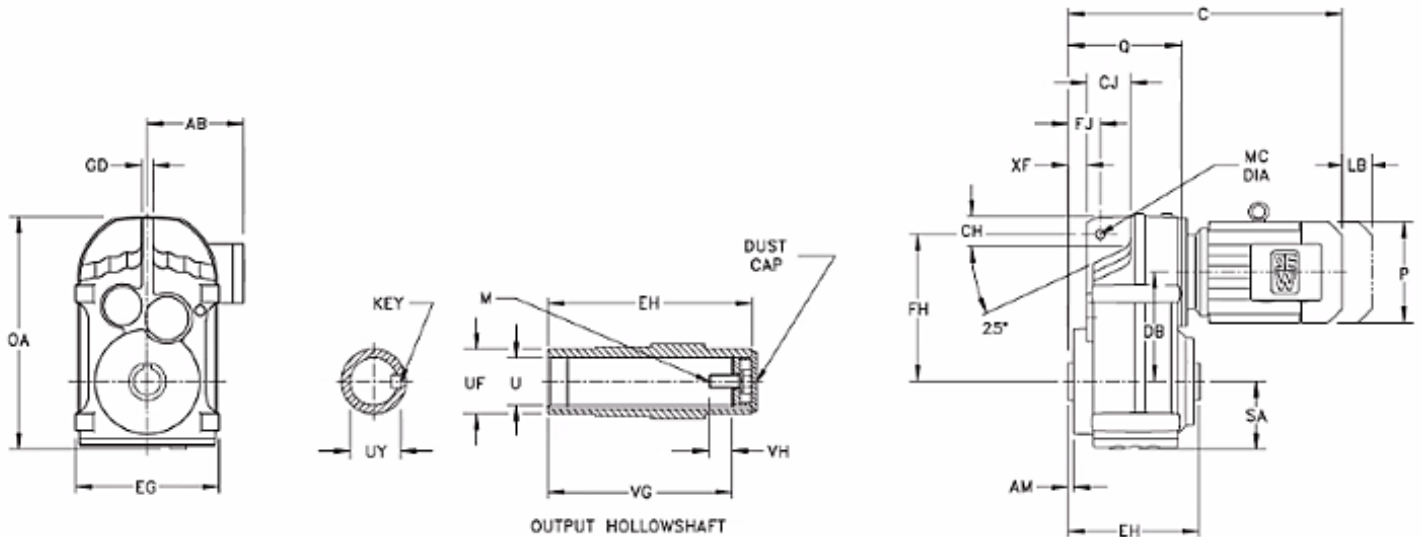
Son instrumentos fiables que resisten condiciones de trabajo extremas: vibraciones de los motores, humedad y medios agresivos como agua de mar.



Dimensiones (mm)	Conexión radial			Conexión posterior			Vástago (P)
	Ø80	Ø100	Ø150	Ø80	Ø100	Ø150	
A	47	50	50	17	20	20	<div style="text-align: center;">                     Vástago (P)                      ▼  <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">50mm</span>  <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">65mm</span>  <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">100mm</span>  <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">150mm</span>  <span style="background-color: #cccccc; padding: 2px 10px;">200mm</span> </div>
Ø	8	8	8	8	8	8	
R1	12	13	15	-	-	-	
R2	54	65	90	-	-	-	
D1	84	110	160	84	110	160	
D2	75	100	150	-	-	-	
SW	22	22	22	22	22	22	
G	1/2" BSP	1/2" BSP	1/2" BSP	1/2" BSP	1/2" BSP	1/2" BSP	
Peso (g)	212	285	545	99	176	485	

## Anexo 4. Especificaciones generales del motorreductor

### Dimensions Type FA Gearmotors - Shaft Mounted



**Drawing Notes:**  
 Dimension **AB** is to conduit box.  
 Dimension **LB** is for motor brake option.  
 Eyebolts are supplied for motor sizes  $\geq$  DV112 and reducer sizes  $\geq$  H67 and are removable.

#### Gearcase

Model	AM	CH	CJ	DB	EG	FH	FJ	GD	MC	OA	Q	SA	XF
FA37	0.02	1.18	1.81	4.41	6.65	6.22	1.24	0.47	0.55	9.92	4.33	2.99	0.59
	0.5	30	46	112	169	158	31.5	12	14	252	110	76	15
FA47	0.04	0.87	2.52	5.04	7.28	6.69	1.26	0.47	0.55	10.59	5.24	3.03	0.47
	1	22	64	128.1	185	170	32	12	14	269	133	77	12
FA57	0.04	1.22	2.36	5.35	8.07	7.80	1.59	0.55	0.55	12.48	5.91	3.66	0.77
	1	31	60	136	205	198	40.5	14	14	317	150	93	19.5
FA67	0.04	1.57	2.56	6.28	8.54	8.58	1.61	0.63	0.55	13.50	6.34	3.82	0.83
	1	40	65	159.5	217	218	41	16	14	343	161	97	21

#### Output Shaft Inch Series/Optional Metric Series For solid shaft design see page 276.

Model	EH	U*	UF	UY	VG	VH	Key	M
FA37	4.72	1.250	1.77	1.37	4.13	0.67	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 1\frac{11}{16}$	$\frac{1}{16}-14 \times 1$
	120	30	45	33.3	105	17	$8 \times 7 \times 40$	$M10 \times 25$
FA47	5.91	1.375	1.97	1.52	5.20	0.65	$\frac{5}{16} \times \frac{5}{16} \times 1\frac{13}{16}$	$\frac{1}{2}-13 \times 1$
	150	35	50	38.3	132	22	$10 \times 8 \times 45$	$M12 \times 30$
FA57	6.54	1.500	2.17	1.67	5.59	1.36	$\frac{3}{8} \times \frac{3}{8} \times 2\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}-11 \times 1\frac{3}{4}$
	166	40	55	43.3	142	29	$12 \times 8 \times 50$	$M16 \times 40$
FA67	7.09	1.500	2.17	1.67	6.14	1.36	$\frac{3}{8} \times \frac{3}{8} \times 2\frac{1}{4}$	$\frac{5}{8}-11 \times 1\frac{3}{4}$
	180	40	55	43.3	156	29	$12 \times 8 \times 50$	$M16 \times 40$

\* Note: See page 33 for applicable tolerances.

## Anexo 5.

### Anexo 5.1 Coeficientes $a$ y $b$

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

### Anexo 5.2 Valor de $S_{ut}$ resistencia mínima a la tensión del acero 304

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)			
			Fluencia $S_y$ MPa (kpsi)	Última $S_U$ MPa (kpsi)	A la fractura, $\sigma_f$ MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_0$ MPa (kpsi)
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>	620 (90.0)
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>†</sup>	992 (144)
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>	758 (110)
1045	Acero	TyR 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273) <sup>†</sup>
4142	Acero	TyR 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255) <sup>†</sup>
303	Acero inoxidable Acero	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221) <sup>†</sup>	1410 (205)
304	Acero inoxidable Acero	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233) <sup>†</sup>	1270 (185)
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>	620 (90)
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) <sup>†</sup>	689 (100)
7075	Aluminum aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) <sup>†</sup>	882 (128)



**Anexo 6.** Factor de tamaño  $k_b$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

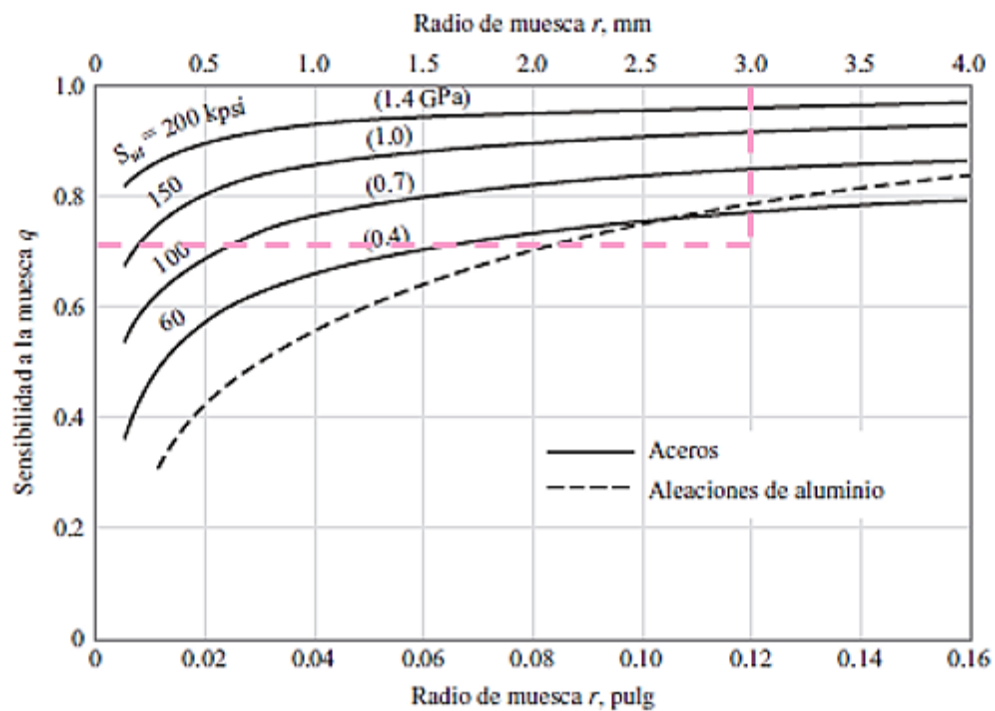
**Anexo 7.** Factor  $k_d$  es la temperatura de operación

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

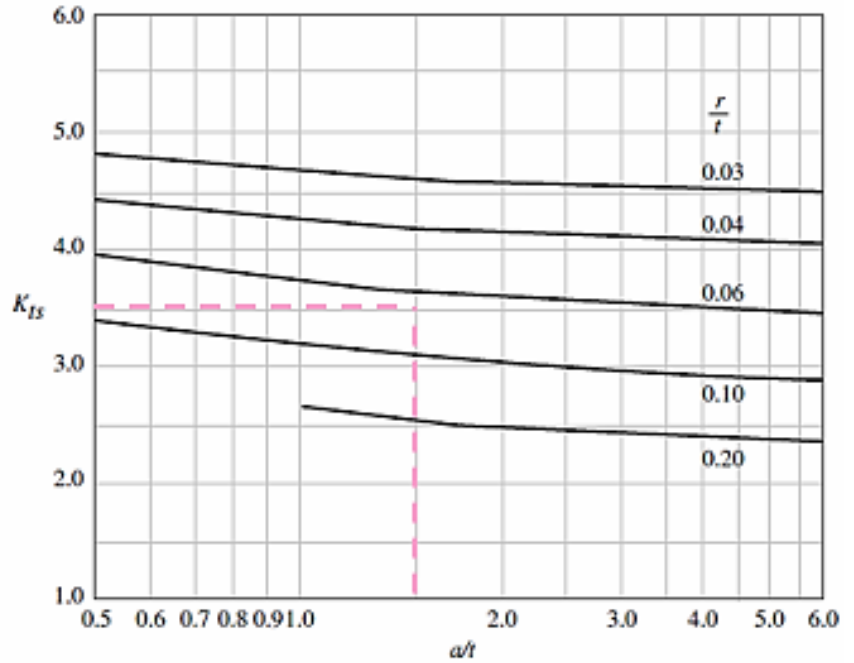
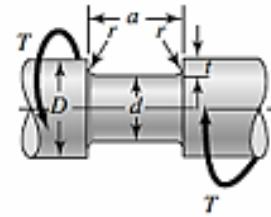
Anexo 8. Factor  $k_e$  de confiabilidad es un valor estadístico

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_G$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Anexo 9. Sensibilidad a la muesca  $q$



Anexo 10. Valor de  $k_t$



**Figura A-15-17**

Eje redondo con ranura de fondo plano en torsión.

$$\tau_0 = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Fuente: W. D. Pilkey, *Peterson's Stress Concentration Factors*, 2a. ed., John Wiley & Sons, Nueva York, 1997, p. 133.

Anexo 11. Especificaciones de eje 1 ¼ de pulgada tomado del catálogo de DIPAC

## EJES ACERO INOXIDABLE

### Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

Descripción: Acero inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts



### COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10,5	18 - 20

### PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm <sup>2</sup> )	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

### DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

EJES



**REPRESENTACIONES INDUSTRIALES**

**ING. RODOLFO ARGUELLO M.**

**RUC#1705276697001**

**URB. MARYSOL (POR EL ESTADIO DE LIGA) TELFAX: 02-2484891/02-2804604**  
**FRANCISCO DALMAU #OE3-521 Y CALLE 10 CELULAR: 099-1445098**  
**E-MAIL: gerencia@reinra.com**  
**www.reinra.com**

**Quito-Ecuador**

Señores  
MAYPRON  
CIUDAD. -

Quito, 16 DE MAYO DEL 2022

At: ING. MILTON JAMI  
De mis consideraciones.

De acuerdo a lo solicitado por Uds. Sirvase encontrar detallada nuestra cotización

Cant	Descripción	V. unitario	Dcto	V.Total
1	MOTOREDUCTOR TIPO ORTOGONAL EJE HUECO POTENCIA: ½ HP RELACION: 60 a 1 BOX063 DIAMETRO DE EJE HUECO: 25 mm TRIFASICO 220/440 V 60 HZ MARCA ACORN	USD. 545,00	10%	USD. 490,50

**NOTA: EN ESTOS PRECIOS NO CONSTA EL 12 % IVA**

**TIEMPO DE ENTREGA: DE STOCK**  
**FORMA DE PAGO : CONTRA ENTREGA**

Cualquier información que sea necesaria estaremos gustosos en proporcionarles.  
Cordialmente,  
Ing. Rodolfo Argüello M.

**BANDAS TRANSPORTADORAS:**  
**CARGA PESADA CAUCHO**  
**SANITARIA PVC BLANCA**  
**GRAPAS CANGILONES Y PERNOS**  
**CADENAS PIÑONES Y ACOPLS**

**MOTOREDUCTORES Y MOTOVARIADORES**  
**RECTOS Y ORTOGONALES**  
**MOTORES ELECTRICOS**  
**MONOFASICOS Y TRIFASICOS**  
**VARIADORES ELECTRONICOS**

**TECLES**  
**MECANICOS Y ELECTRICOS**  
**GARRUCHAS FIJAS Y GIRATORIAS**  
**MANOMETROS Y TERMOMETROS**  
**JUNTAS DE EXPANSION**



**IMPORT ACEROS INDUSTRIA  
METALMECANICA**

RUC: **1792628431001**  
 Dirección: **N77 Antonio Castillo OE1 346 y Av OE1 C Juan de Selis**  
 Celular: **0997 800 636 099 126 7562**  
**www.importaceros.com**  
**info@importaceros.com.ec**

Cliente: **RODRIGO CARDENAS**  
 R.U.C.:  
 Dirección:  
 Telefonos: /

**Cotización**

**CT00078450**

Contribuyente Especial Nro. 283E

**PBX: 2 486 287**

Fecha: 16-05-2022

Descripción	Cantidad	P.V.P	% Dcto	Valor Neto	Valor Total
ACERO INOXIDABLE MATE PULIDO 2.00MM EN 304 N.- 4	2.00	219.42	0.00	219.42	438.84
ACERO INOXIDABLE MATE 304 2B 3MM	2.00	333.65	0.00	333.65	667.30
TUBO REDONDO INOX.PULIDO 2*1.5 (50*1.5)	1.00	49.37	0.00	49.37	49.37

**Peso Total Kgs : 244.66      Peso Total QQ : 5.38**

Favor girar cheque cruzado a nombre de **IMPORT ACEROS INDUSTRIA METALMECANICA**

Son: **\*\*Un Mil Doscientos Noventa Y Cuatro Con 17/100\*\***

**Sub/Total:** 1,155.51  
**Descuentos:** 0.00  
**Valor Neto.:** 1,155.51  
**I.V.A.:** 138.66  
**(=) Total Cotizado:** **\*\*\*\*\*1,294.17**

\_\_\_\_\_  
**APROBADO:**

## PROFORMA No. 6112

QUITO, 8 de abril de 2022

SEÑORES: **CONSUMIDOR FINAL**

RUC/CI: 999999999

ATT: SRTA LILIANA

TELEF.:

DIRECCION:

CORRESPONDIENDO A SU AMABLE SOLICITUD, NOS COMPLACE OFERTAR EL SIGUIENTE MATERIAL

No.	CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	V. TOTAL
1	1.00	SSS 316L VALVULA BOLA CLAMP 2" 2P	69.33	69.33

VALIDEZ DE LA OFERTA: 8 DIAS

SUBTOTAL: 69.33

TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA SALVO VENTA

20% DSCTO.: 13.87

FORMA DE PAGO: CONTADO

VALOR NETO: 55.46

IVA: 6.66

**TOTAL: 62.12**

OFICINA QUITO 2

DEPARTAMENTO DE VENTAS



## PROFORMA

Quito, 18 de mayo del 2022

**REF:002129-18-05-2022**

**Atención:** Liliana Toaza

Reciba un cordial saludo y a la vez agradecemos la confianza depositada en nuestros talleres, brindando la oportunidad de realizar la cotización para:

- *Construcción de marmita con una capacidad de 250 litros según planos.*

### PROPUESTA TÉCNICA

- Construcción de marmita encaquetada con las siguientes dimensiones, diámetro exterior 740mm, diámetro interior 640mm. Longitud de marmita 900mm, longitud de chaqueta 825mm. En acero Inoxidable AISI 304 calidad mate.
- Construcción de agitador con piezas en acero inoxidable A304 según planos recibidos.
- El proceso de soldadura será el GTAW con aporte 1/16" ER 308L.
- No incluye motor ni conexiones eléctricas.

### PROPUESTA ECONÓMICA

ITEM	CANT	DESCRIPCION	C/UNITARIO	TOTAL
1	1	CONSTRUCCION DE MARMITA CON CAPACIDAD	4800	4800
		DE 250 LITROS EN ACERO INOXIDABLE 304		0
		SEGÚN PLANOS		
			Subtotal	4800
		CUATRO MIL OCHOCIENTOS CON 00/100		
			TOTAL	4800,00

### CONDICIONES

**Tiempo de entrega:** 15 DÍAS LABORABLES para construcción a partir del anticipo

**Lugar de entrega:** MAYPROM

**Anticipo:** 50% y 50% contra entrega

**PRECIO NO INCLUYE IVA 12%**

POR MAYPROM

**Att. Ing Alex Paul Jami**

Jefe de producción





## PROFORMA

Quito, 18 de mayo del 2022

REF:002130-18-05-2022

Atención: Liliana Toaza

Reciba un cordial saludo y a la vez agradecemos la confianza depositada en nuestros talleres, brindando la oportunidad de realizar la cotización para:

- *Construcción de marmita con una capacidad de 250 litros según planos.*

### PROPUESTA TÉCNICA

- Construcción de marmita enchaquetada con las siguientes dimensiones, diámetro exterior 740mm, diámetro interior 640mm. Longitud de marmita 900mm, longitud de chaqueta 825mm. En acero Inoxidable AISI 304 calidad mate.
- Construcción de agitador con piezas en acero inoxidable A304 según planos recibidos.
- El proceso de soldadura será el GTAW con aporte 1/16" ER 308L.
- No incluye motor ni conexiones eléctricas.
- No incluye materiales de construcción.

### PROPUESTA ECONÓMICA

ITEM	CANT	DESCRIPCION	C/UNITARIO	TOTAL
1	1	CONSTRUCCION DE MARMITA CON CAPACIDAD	2500	2500
		DE 250 LITROS EN ACERO INOXIDABLE 304		0
		SEGÚN PLANOS		
			Subtotal	2500
		DOS MIL QUINIENTOS CON 00/100		
			TOTAL	2500,00

### CONDICIONES

**Tiempo de entrega:** 15 DÍAS LABORABLES para construcción a partir del anticipo

**Lugar de entrega:** MAYPROM

**Anticipo:** 50% y 50% contra entrega

PRECIO NO INCLUYE IVA 12%

POR MAYPROM

Att. Ing Alex Paul Jami

Jefe de producción



RUC. 1201963335001

Telf.032684226-0996753294

Dirección: Av. General Enríquez Gallo

PROFORMA N° 275

Atención: Brayan Cárdenas

Lugar: Quito

RUC:

FECHA: El Corazón 18/05/2022

Por medio de la presente le hacemos llegar a Ud. la siguiente proforma de su requerimiento:

Cantidad	Detalle	v/U	v/T
1	<p>Construcción de una marmita enchaquetada con las siguientes dimensiones, diámetro exterior 740 mm; diámetro interior 641mm; punto longitud de marmita 900mm; longitud de chaqueta 825mm. En acero inoxidable AISI 304 calidad mate.</p> <p>Construcción de un agitador con piezas de acero inoxidable A304 según planos recibidos.</p> <p>El proceso de soldadura será el GTAW con aporte 1/16 ER 308L incluye ejes de 1 1/2 en acero inoxidable.</p>	1500	1500
	TOTAL.		1500



RUC. 1201963335001

Telf.032684226-0996753294

Dirección: Av. General Enríquez Gallo

PROFORMA N° 275

Atención: Brayan Cárdenas

Lugar: Quito

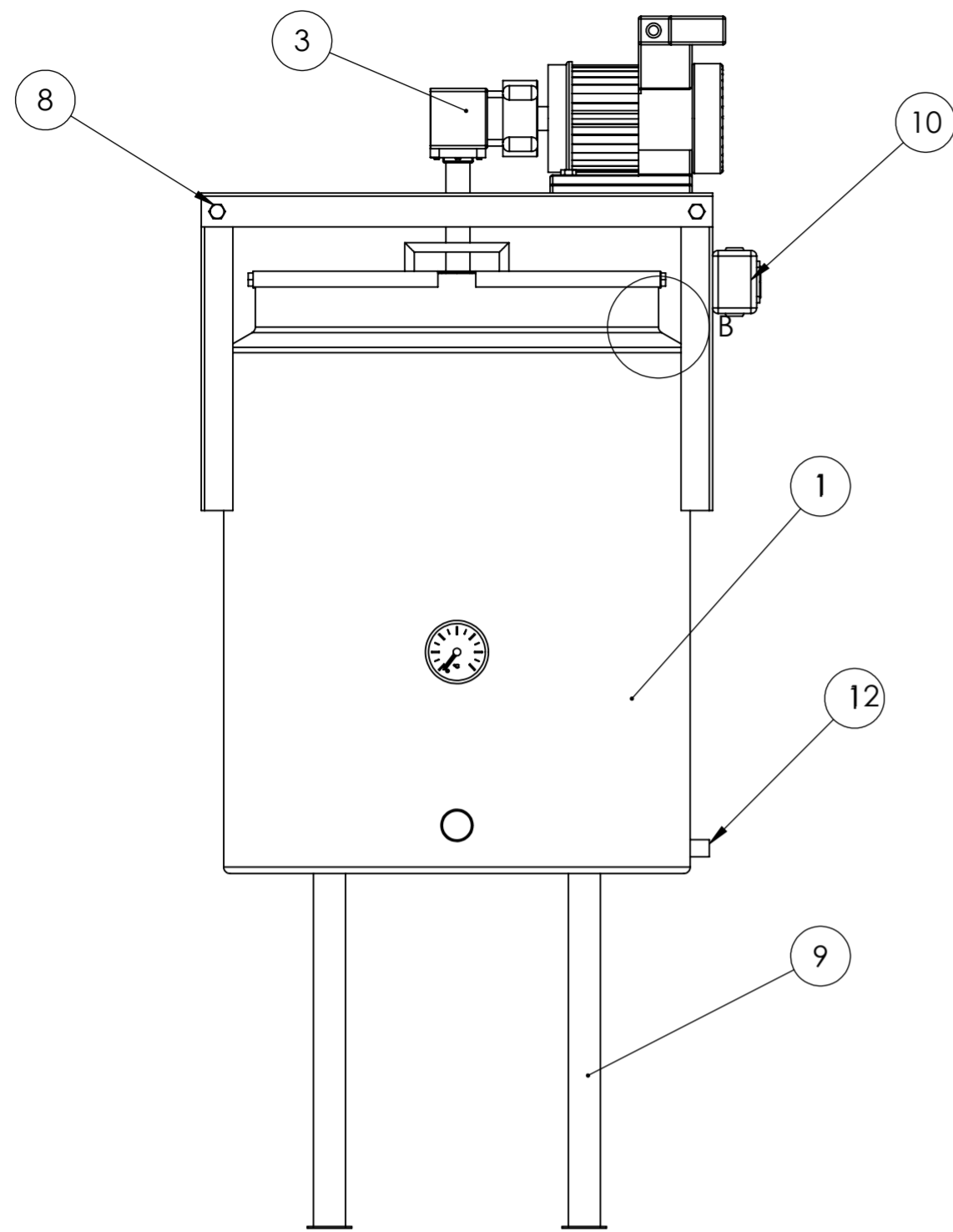
RUC:

FECHA: El Corazón 18/05/2022

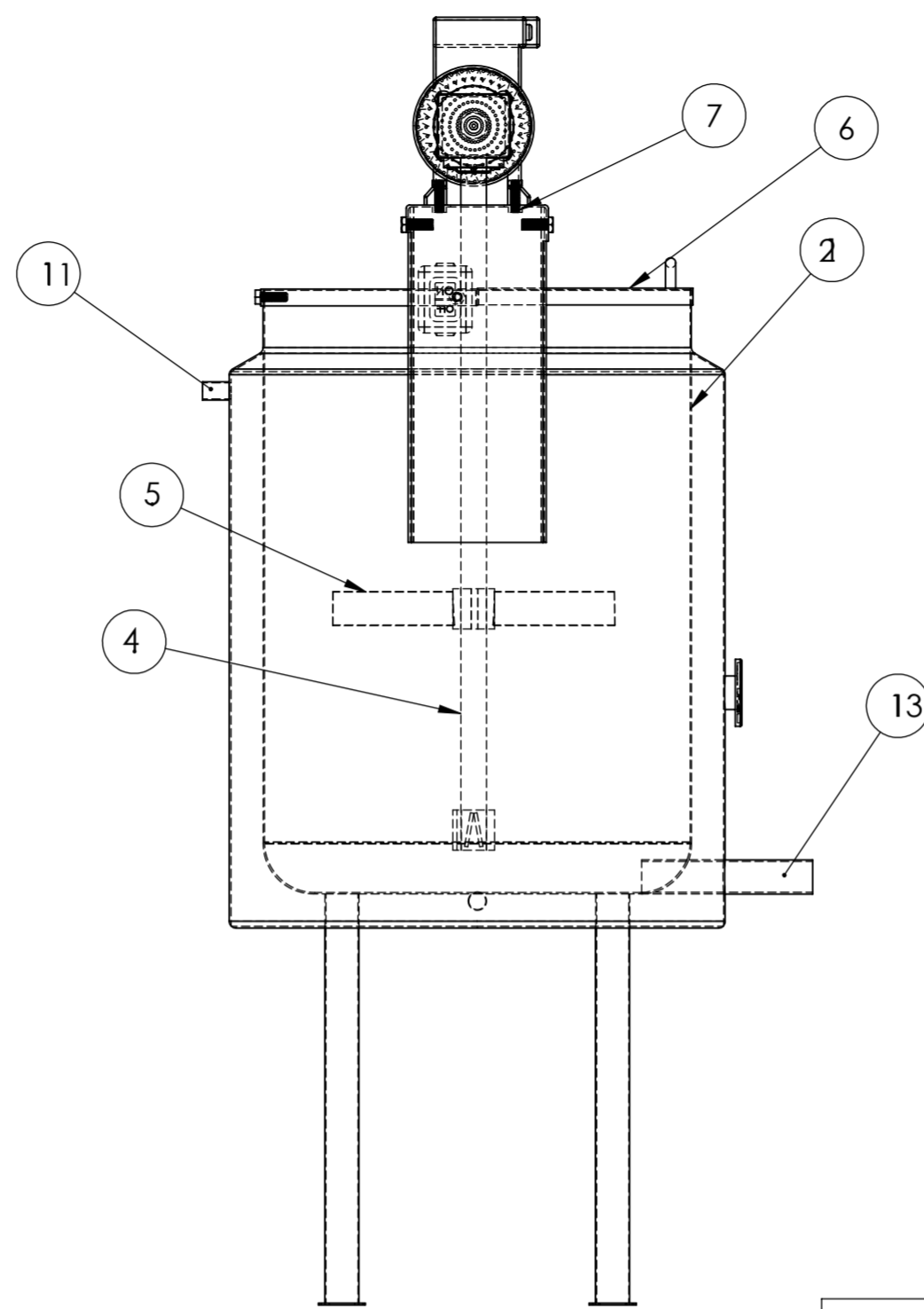
Por medio de la presente le hacemos llegar a Ud. la siguiente proforma de su requerimiento:

Cantidad	Detalle	v/U	v/T
1	Construcción de una marmita enchaquetada con las siguientes dimensiones, diámetro exterior 740 mm; diámetro interior 641mm; punto longitud de marmita 900mm; longitud de chaqueta 825mm. En acero inoxidable AISI 304 calidad mate. Construcción de un agitador con piezas de acero inoxidable A304 según planos recibidos. El proceso de soldadura será el GTAW con aporte 1/16 ER 308L incluye ejes de 1 1/2 en acero inoxidable.	1.500	1.500
2	Planchas de acero inoxidable mate pulido 2mm 304	245,75	930,34
1	Tubo redondo inoxidable pulido de 2 x 1.5mm de espesor	55,29	55,29
1	Válvula bola CLAMP "2" 2P SSS 316L	77,65	77,65
1	Motor reductor tipo ortogonal eje hueco potencia ½ HP relación 60 a 1 box 063 diámetro de eje hueco 25mm trifásico 220/440 V 60 HZ marca ACORN	549,36	549,36
	<b>TOTAL</b>		<b>3.112,64</b>

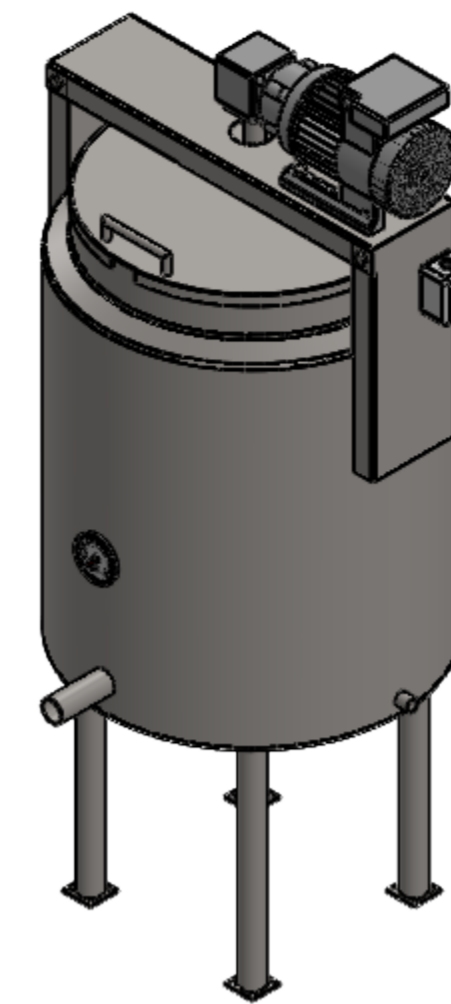
Vista Frontal



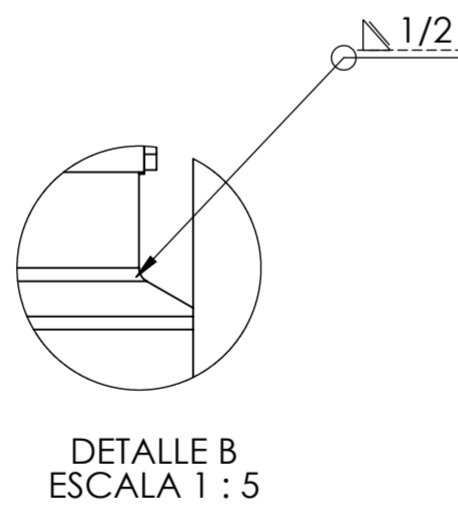
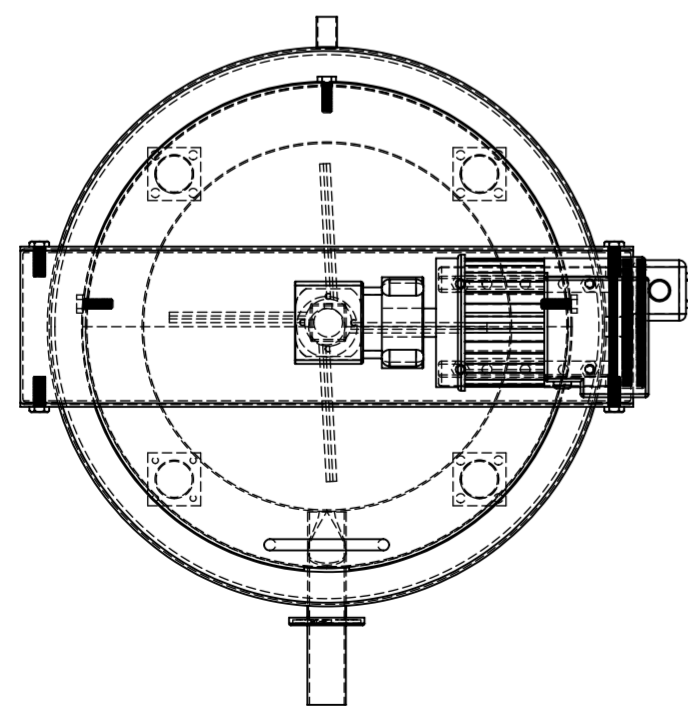
Vista Izquierda



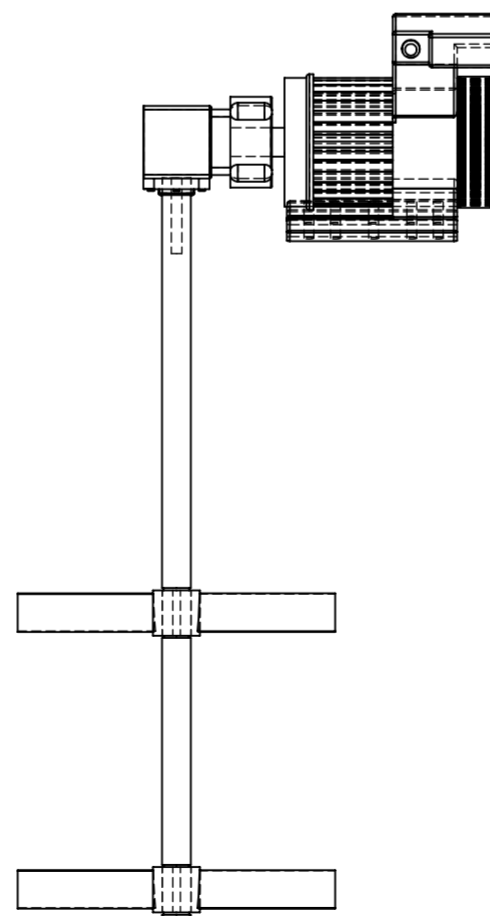
Vista Isométrica



Vista Superior



Sistema de agitación



13	Vertidor de fluido	1	E6	AISI 304	∅ 50.8x255x2 mm	Normalizado
12	Salida de agua	1	E9	NPT	∅ 25.4x20x2 mm	Normalizado
11	Entrada de agua	1	G8	NPT	∅ 25.4x20x2 mm	Normalizado
10	Control OFF/ON	1	G9	N/A	αM906G3	N/A
9	Base soporte	1	E7	AISI 304	∅ 50.8x610x3 mm	Normalizado
8	Perno M14	4	7H	AISI 304	M14x1.25x100 mm	Normalizado
7	Perno M12	7	G11	AISI 304	M12x1.25x20 mm	Normalizado
6	Tapa	1	G10	AISI 304	∅ 646 mm	Espesor 2 mm
5	Palas planas	2	A7	AISI 304	400x50x5 mm	Palas inclinadas 10°
4	Eje agitador	1	B7	AISI 304	∅ 38x1010 mm	Normalizado
3	Motor reductor	1	H10	N/A	1/2 HP	Monofásico 110 / 220 v
2	Tanque interno	1	F10	AISI 304	∅ 638x900 mm	Espesor 2mm
1	Camisa	1	F10	AISI 304	∅ 740x830 mm	Espesor 2 mm
Ref.	Denominación	Cant.	Ubic.	Material	Dim. Brutas	Observaciones

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

UPS

Diseño: Cardenas B & Toasa L 23-06-2022

Diseño: Cardenas B & Toasa L 23-06-2022

Reviso: Ing. Milton Jami, MSc 23-06-2022

MARMITA CILINDRICA DE 250 LITROS

ESCALA 1:10

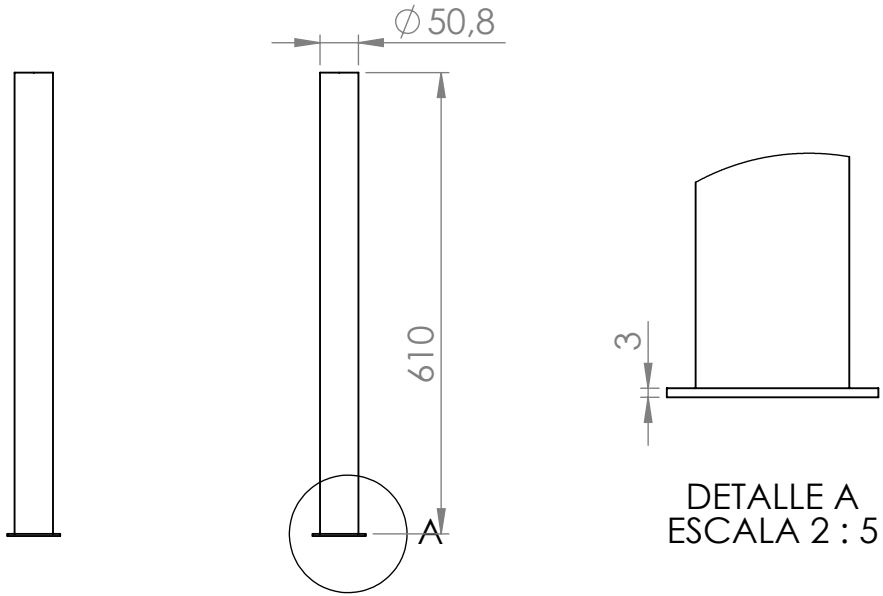
01.00.01

Tol. General 0.1

4 3 2 1

F

Vista Frontal



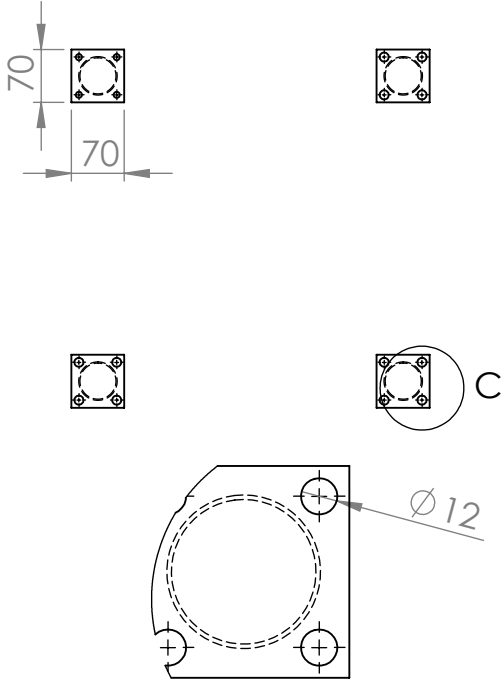
F

E

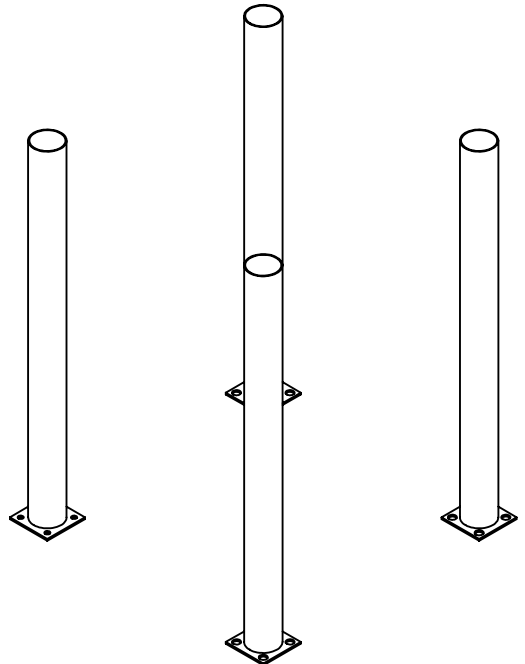
E

D

Vista Superior



Vista Isométrica



D

C

C

B

B

DETALLE C  
ESCALA 2 : 5

Tratamiento térmico:	N/A	Material: AISI 304	Dim. brutas: $\phi 50.8 \times 610$	
Recubrimiento:	N/A			

A

A

CARRERA DE  
INGIERÍA  
MECÁNICA

**UPS**

Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22

Base Soporte

Escala  
1:10

01.07.01

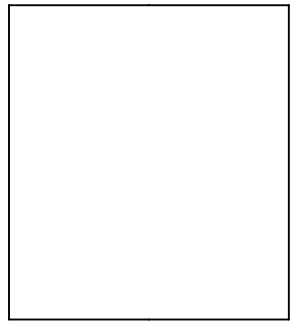
Tol. Gral  
0.1

4 3 2 1

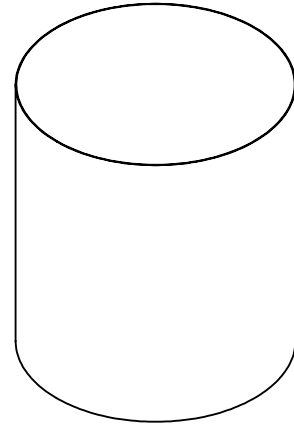
4 3 2 1

F

Vista Frontal



Vista Isométrica

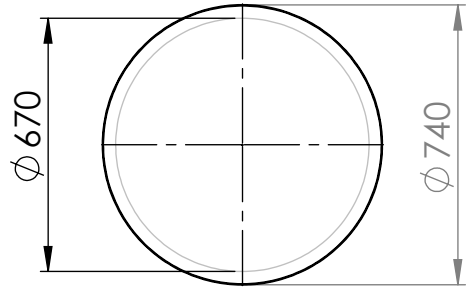


F

E

E

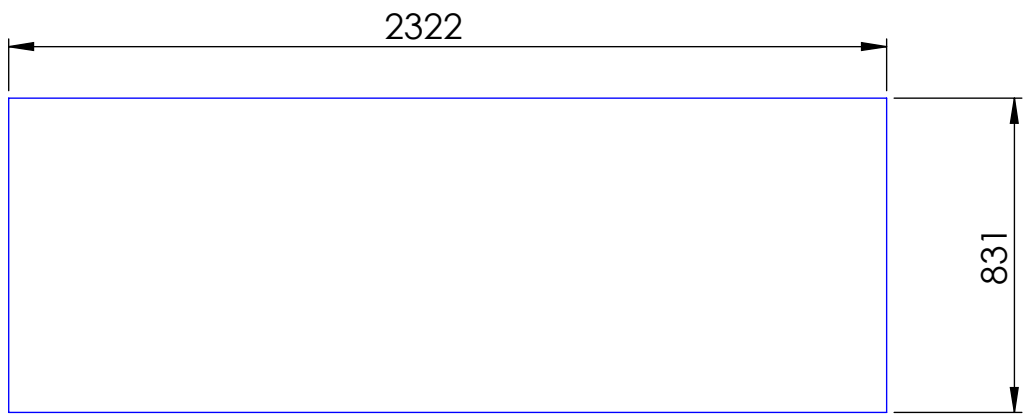
Vista Superior



D

D

Desarrollo Camisa



C

C

B

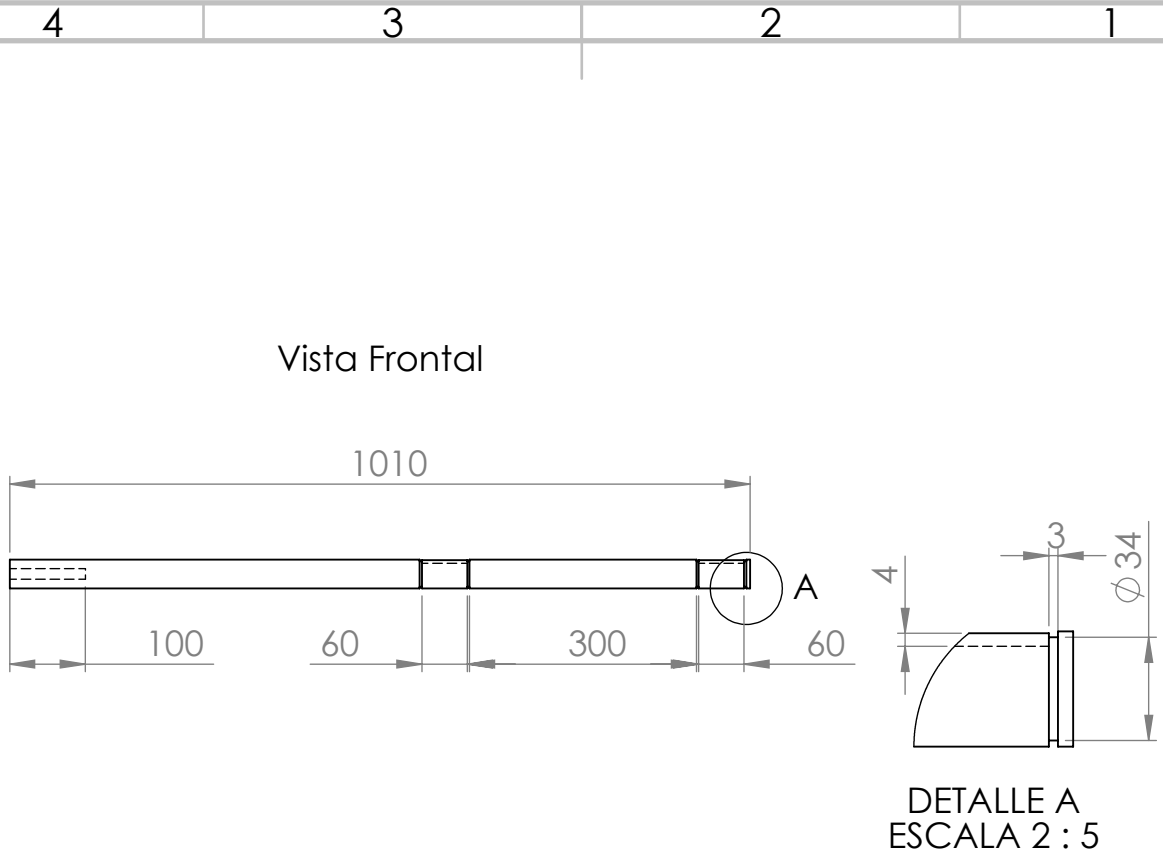
B

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	2234x833	
CARRERA DE INGIERÍA MECÁNICA	<b>UPS</b>	Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22
Camisa	Escala 1:10	01.01.01	Tol. Gral 0.1	

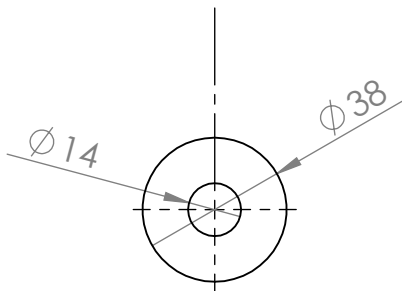
A

A

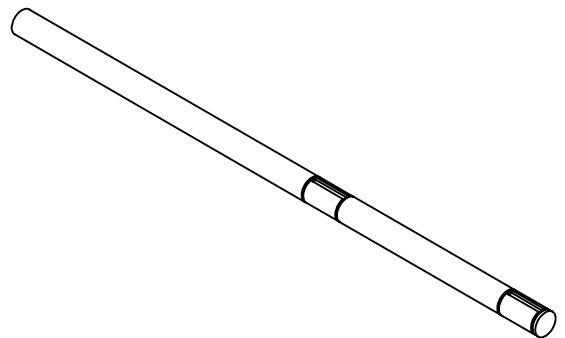
4 3 2 1



Vista Superior



Vista Isométrica



Tratamiento térmico:

N/A

Material:

AISI 304

Dim. brutas:

$\phi 38 \times 100$

Recubrimiento:

N/A

CARRERA DE  
INGIERÍA  
MECÁNICA

**UPS**

Diseño

Cárdenas B & Toasa L

23/06/22

Dibujo

Cárdenas B & Toasa L

23/06/22

Revisa

Ing. Milton Jami MSc.

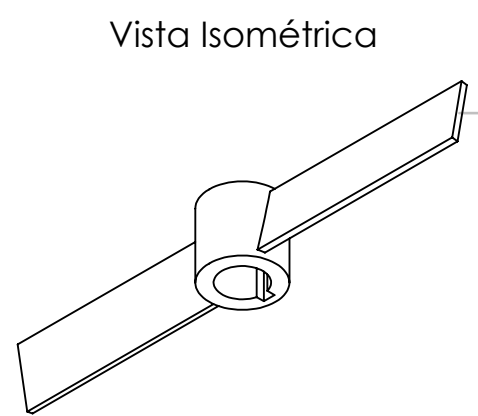
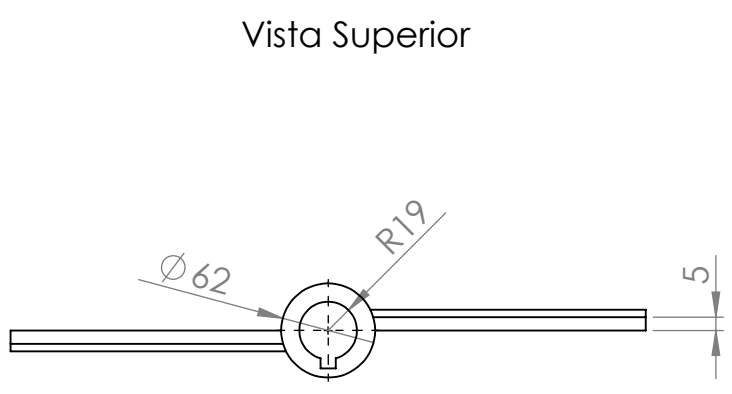
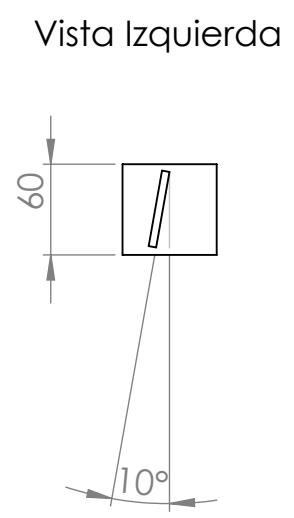
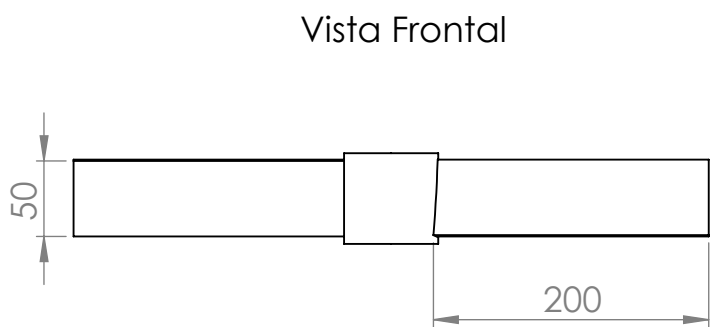
23/06/22

Eje Agitador

Escala  
1:10

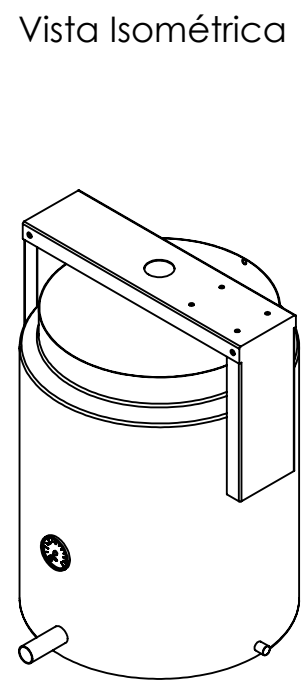
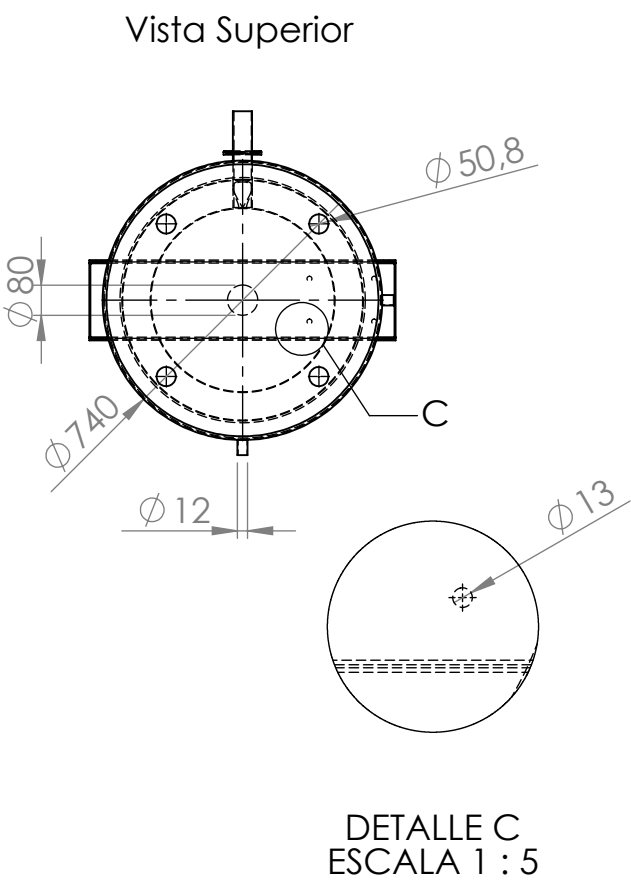
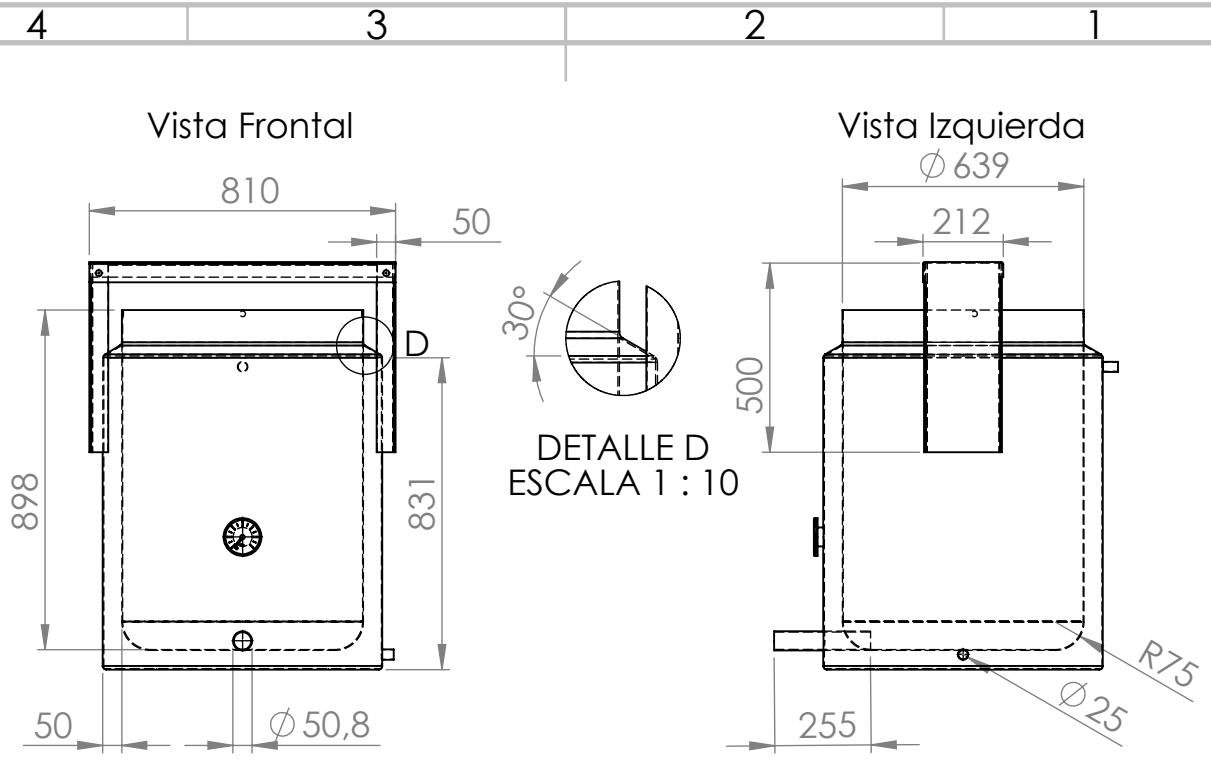
01.03.01

Tol. Gral  
0.1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	202x52x5	
CARRERA DE INGIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22
Palas Planas	Escala 1:5	01.04.01	Tol. Gral 0.1	





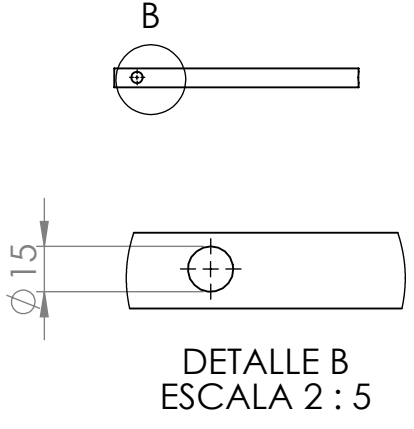
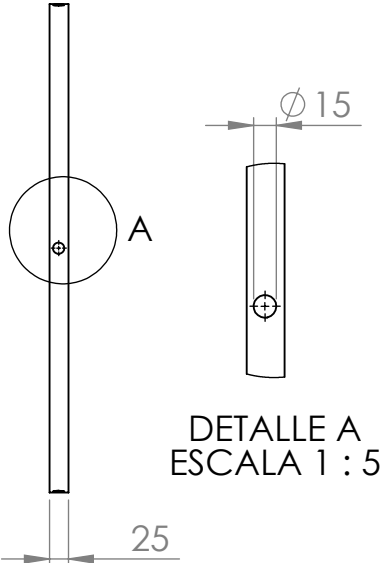
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	AISI 304	Dim. brutas:	$\phi 740 \times 810$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22	
		Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22	
		Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22	
Tanque encaquetado	Escala 1:10	01.02.01	Tol. Gral 0.1		

4 3 2 1

F

Vista Frontal

Vista Izquierda



DETALLE A  
ESCALA 1 : 5

DETALLE B  
ESCALA 2 : 5

E

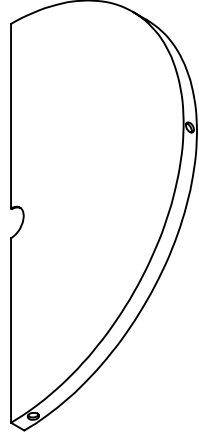
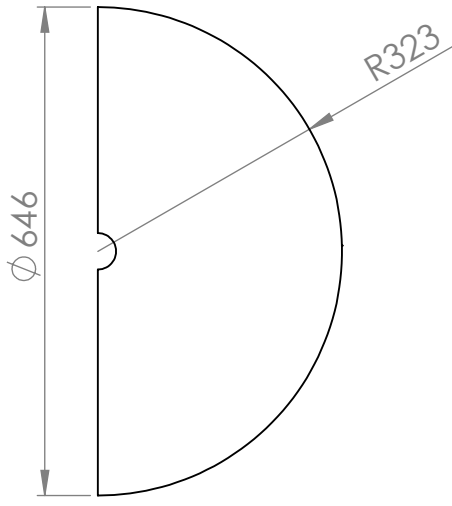
E

D

D

Vista Superior

Vista Isométrica



C

C

B

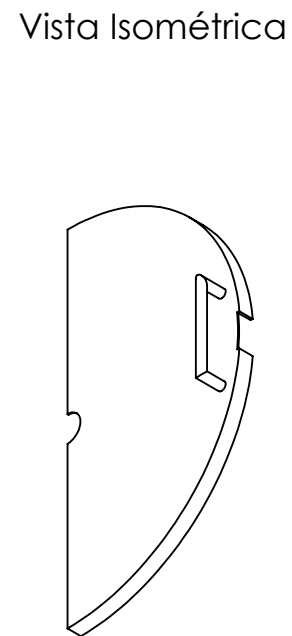
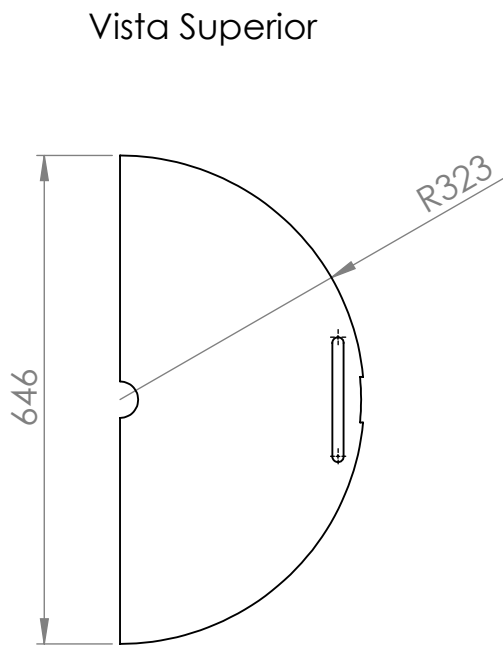
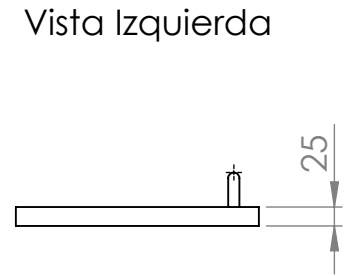
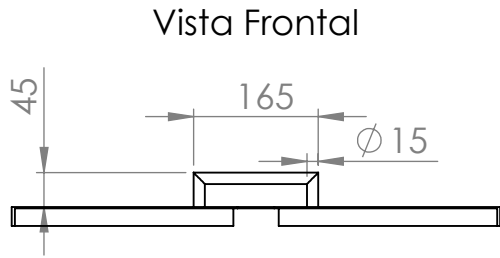
B

A

A

Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	$\phi 646 \times 650$	
CARRERA DE INGIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22
Tapa fija	Escala 1:10	01.06.01	Tol. Gral 0.1	

4 3 2 1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas:	
Recubrimiento:	N/A	AISI 304	$\phi 646 \times 650$	
CARRERA DE INGIERÍA MECÁNICA	UPS	Diseño	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Dibujo	Cárdenas B & Toasa L	23/06/22
		Revisa	Ing. Milton Jami MSc.	23/06/22
Tapa movil	Escala 1:10	01.05.01	Tol. Gral 0.1	