

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERO  
MECÁNICO**

**TEMA:  
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA PASTEURIZAR LECHE  
CON CAPACIDAD DE 200 L/H**

**AUTOR:  
CHICAIZA USUAY JESÚS EDUARDO**

**TUTOR:  
MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

**Quito, septiembre del 2020**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Chicaiza Usuy Jesús Eduardo, con cedula de identidad N° 1727593848, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA PASTEURIZAR LECHE CON CAPACIDAD DE 200 L/H.”, mismo que 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 aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



.....  
Chicaiza Usuy Jesús Eduardo  
Cédula: 1727593848

Quito, septiembre del 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Milton Salomón Jami Lema con C.I. 1707257171, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO PARA PASTEURIZAR LECHE CON CAPACIDAD DE 200 L/H.”, realizado por Chicaiza Usuy Jesús Eduardo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre del 2020



.....

Milton Salomón Jami Lema

C.I.: 1707254171

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico a las dos mujeres que me han brindado un apoyo incondicional, mi madre y mi hermana que me han acompañado en todo este trayecto desde siempre, velando por mi salud y alimentación. Ellas me inculcaron la fuerza de seguir adelante sin importar lo difícil que sea. Además de estar presentes en todas las facetas de mi educación y vida personal. También se la dedico a mis compañeros y amigos que he conocido en el transcurso de la vida educativa, por estar ahí con sus chistes o historias que daban una nueva perspectiva a la vida.

**Jesús Eduardo Chicaiza Usuay**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre principalmente la que es una madre ejemplar, siempre cuidándome, siguiendo la frase “En una mano el pan y en la otra el palo”. Una mujer que no se ha quebrado ni en los momentos más complejos y ha podido darme todo de ella sin pedir nada a cambio. Hoy en día puedo decir que ella es mi pilar más fuerte de como soy ahora. Agradezco también a mi hermana que a pesar de su forma de ser me apoyo en este transcurso. También agradezco al Sr. Nicanor Calisto y Rocio Merino de Calisto por el apoyo brindado en todo el proceso de formación.

Agradezco a los docentes que me guiaron en el transcurso de toda la carrera de Ingeniería Mecánica dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, los mismos que fueron los encargados de transmitir los conocimientos y experiencias de vida que se dan como ingeniero en la realidad dentro del entorno laboral. Además, agradezco a mi tutor de tesis, al Ing. Milton Jami que a pesar de todo supo darme de su tiempo para culminar este proyecto.

**Jesús Eduardo Chicaiza Usuay**

## Índice

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
Glosario de términos .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	xv
Justificación.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO.....	3
1. Procesos de pasteurización .....	3
1.1. ¿Qué es la leche cruda? .....	3
1.2. Producción en el Ecuador.....	3
1.3. Contaminación química biológica.....	5
1.4. Descripción general de las pruebas. ....	7
1.4.1. Análisis físico – químico.....	7
1.4.2. Análisis de densidad de la leche.....	8
1.4.3. Prueba de estabilidad proteica.....	8
1.4.4. Prueba para determinación de acidez.....	9
1.5. Pasteurización de leche cruda.....	9
1.5.1. Proceso VAT.....	9
1.5.2. Proceso HTST .....	10
1.5.3. Proceso UHT.....	10
1.5.4. Resumen de ventajas y desventajas de procesos de pasteurización.....	10
1.5.5. Beneficios de la leche pasteurizada.....	11
1.6. Derivados de la leche cruda.....	11
1.6.1. Queso.....	12
1.7. Materiales necesarios para la pasteurizadora .....	12
1.7.1. Acero inoxidable.....	12
1.7.2. Soldadura .....	13
1.7.3. Soldadura TIG.....	14
1.7.4. Varilla de aporte 308.....	14
1.8. Partes de un pasteurizador .....	15

1.8.1.	Estructura.....	16
1.8.2.	Tanque.....	16
1.8.3.	Motorreductor .....	17
CAPÍTULO II	.....	18
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	.....	18
2.1.	Reseña previa.....	18
2.2.	Selección de proceso de pasteurizado .....	19
2.3.	Factores de fabricación.....	20
2.4.	Propuesta de prototipo .....	23
2.5.	Implementos necesarios.....	24
2.5.1.	Quemadores radiales.....	24
2.5.2.	Recipiente .....	25
2.5.3.	Agitador .....	25
CAPÍTULO III	.....	27
CÁLCULO, DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DEL TANQUE DE PASTEURIZACIÓN	.....	27
3.1.	Cálculo de variables para el tanque del prototipo .....	27
3.1.1.	Variables que considerar.....	27
3.1.2.	Determinación de la altura y diámetro en función de volumen.....	29
3.1.3.	Base toriesférica.....	30
3.1.4.	Altura de la leche cruda dentro del tanque .....	32
3.1.5.	Porcentaje de volumen de leche en ocupar espacio dentro del tanque ....	33
3.1.6.	Presión compuesta de trabajo .....	33
3.1.7.	Presión teórica de diseño .....	34
3.1.8.	Presión de diseño .....	34
3.1.9.	Cálculo de espesor requerido por el tanque interno.....	34
3.2.	Cálculo de variables para el sistema de agitación .....	35
3.2.1.	Cálculo diámetro del impulsor.....	37
3.2.2.	Cálculo de distancia desde el fondo a la base del impulsor.....	37
3.2.3.	Cálculo de distancia entre aspas .....	38
3.2.4.	Cálculo de ancho de aspas .....	38
3.2.5.	Cálculo número de Reynolds.....	38
3.2.6.	Cálculo número de potencia .....	39
3.2.7.	Selección de motor.....	40
3.2.8.	Cálculo diámetro del eje para el agitador .....	40

3.2.9.	Selección de chavetas de acuerdo con diámetro del eje .....	41
3.3.	Cálculo de cargas generadas.....	43
3.3.1.	Carga generada por leche.....	43
3.3.2.	Carga generada por la estructura .....	44
3.3.3.	Carga generada por la motor eléctrico y reductor.....	44
3.3.4.	Cargas totales.....	44
3.3.5.	Cálculo de esfuerzos para la estructura.....	45
3.4.	Análisis térmico.....	47
3.4.1.	Balance de energía .....	48
3.4.2.	Energía del sistema .....	48
3.4.3.	Masas de leche para cálculo.....	49
3.4.4.	Cámara de agua.....	51
3.4.5.	Tanque externo y tapa.....	52
3.4.6.	Cálculo variación de la energía presente en el proceso de pasteurización 52	
3.4.7.	Calor por convección natural .....	53
3.4.8.	Calor por radiación .....	55
3.4.9.	Pérdida total de calor .....	56
3.4.10.	Cálculo de energía total requerida en el proceso de pasteurización .....	56
3.5.	Pruebas realizadas al equipo.....	57
CAPÍTULO IV.....		62
ANÁLISIS DE COSTOS .....		62
4.1.	Materiales para la construcción .....	62
4.2.	Costos generados .....	62
4.2.1.	Costos indirectos.....	62
4.2.2.	Costos directos .....	63
4.2.3.	Costos totales del equipo .....	65
4.2.4.	Costos variables .....	66
4.2.5.	Costos fijos .....	66
4.3.	Valor actual neto.....	66
4.4.	Tasa interna de retorno .....	67
4.5.	Flujo de caja .....	68
4.6.	Tasa mínima de rendimiento .....	69
4.7.	VAN, TIR Y PB .....	69
CONCLUSIONES .....		71

RECOMENDACIONES .....	72
REFERENCIAS .....	73

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Descripción de la participación en la producción láctea [13].	4
<b>Tabla 2.</b> Propiedades físico-químicas de la leche [20].	7
<b>Tabla 3.</b> Requisitos microbiológicos de la leche cruda [20].	7
<b>Tabla 4.</b> Procesos de pasteurización [21].	9
<b>Tabla 5.</b> Propiedades físicas acero inoxidable 304 [32].	13
<b>Tabla 6.</b> Composición química varilla de aporte 308 [38].	15
<b>Tabla 7.</b> Selección de materiales para pasteurizador.	16
<b>Tabla 8.</b> Descripción de termo lacto densímetro.	19
<b>Tabla 9.</b> Prototipos para fabricación	20
<b>Tabla 10.</b> Factores de fabricación	21
<b>Tabla 11.</b> Propiedades mecánicas ejes de acero inoxidable AISI 304 [50].	40
<b>Tabla 12.</b> Dimensiones del prototipo	43
<b>Tabla 13.</b> Pesos de estructura de los tanques incluyendo la doble camisa.	44
<b>Tabla 14.</b> Tabla de variables para calentamiento.	49
<b>Tabla 15.</b> Propiedades de la Leche.	50
<b>Tabla 16.</b> Propiedades acero inoxidable 304 recipiente.	50
<b>Tabla 17.</b> Propiedades agua dentro de la cámara [55].	51
<b>Tabla 18.</b> Propiedades del aire [56].	54
<b>Tabla 19.</b> Datos experimentales	60
<b>Tabla 20.</b> Costos indirectos.	62
<b>Tabla 21.</b> Costos directos de material	63
<b>Tabla 22.</b> Costos directos extras.	64
<b>Tabla 23.</b> Costos totales generados	65

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de la leche .....	6
<b>Figura 2.</b> Capa de óxido de cromo adherida al metal [31].....	12
<b>Figura 3.</b> columna de gas argón ionizado altamente concentrado [36].....	14
<b>Figura 4.</b> Descripción prototipo marmita.....	16
<b>Figura 5.</b> Diseño de motorreductor [40].....	17
<b>Figura 6.</b> Tabla de corrección densidad para leche de 15°C.....	19
<b>Figura 7.</b> Flujograma de selección de prototipo.....	23
<b>Figura 8.</b> Prototipo de pasteurizadora .....	24
<b>Figura 9.</b> Diseño final quemador radial .....	24
<b>Figura 10.</b> Tanque interno con detalles .....	25
<b>Figura 11.</b> Agitadores con diversos tipos de impulsores en el mercado [44] .....	26
<b>Figura 12.</b> Diseño de agitador .....	26
<b>Figura 13.</b> Dimensiones tanque interno .....	30
<b>Figura 14.</b> Nomenclatura de base toriesférica [46].....	31
<b>Figura 15.</b> Descripción volumen ocupado .....	33
<b>Figura 16.</b> Variables para impulsor .....	37
<b>Figura 17.</b> Número de potencia vs número de Reynolds [49] .....	39
<b>Figura 18.</b> Nomenclatura para selección de chavetas [41].....	42
<b>Figura 19.</b> Tabla de tolerancia de chavetas y chaveteros de alojamiento (mm) [41]	42
<b>Figura 20.</b> Cargas generadas .....	45
<b>Figura 21.</b> Diagrama de cuerpo libre .....	46
<b>Figura 22.</b> Diagrama de fuerza cortante.....	46
<b>Figura 23.</b> Diagrama de momentos .....	47
<b>Figura 24.</b> Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 50 litros .....	59
<b>Figura 25.</b> Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 146 litros .....	59
<b>Figura 26.</b> Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 211 litros .....	60
<b>Figura 27.</b> Flujo de caja del proyecto.....	68
<b>Figura 28.</b> Análisis de costos. ....	69

## Resumen

En el presente trabajo se describe el significado de la leche cruda y sus componentes. También se describe los distintos procesos de la pasteurización, así como la pasteurización VAT, HTST y UHT. Además de realizar un breve estudio a la producción a nivel nacional y regional con el fin de enfocarse en la logística de entrega de la parroquia Juan Montalvo más específicamente en la comunidad La Josefina. Luego el análisis del adecuado cuidado de la leche el mismo que empieza desde el ordeño, almacenamiento y el transporte hasta la planta de producción cumpliendo con los estándares impuestos por las diversas normas INEN.

Se analiza los diferentes componentes, materiales y alternativas para la fabricación de la maquina pasteurizadora tomando en cuenta la producción y facilidad de compra de la leche y de esta manera realizar el correcto dimensionamiento, Además de evaluar capacidades, costos, tiempos de procesamiento y ensamblaje, para finalmente seleccionar la mejor alternativa de fabricación.

Como punto clave del proyecto se propone el diseño del prototipo con capacidad de 200 litros cumpliendo con las expectativas planteadas utilizando el proceso de pasteurización VAT. Cabe recalcar que el prototipo tiene sobredimensionamientos con el fin de evitar accidentes laborales, fatiga estructural y eficiencia asegurando ser inversión fija cumpliendo con la capacidad requerida. Estos cálculos son validados mediante cálculos matemáticos y de esa manera obtener dimensiones racionales que se adecuen a cada necesidad evitando sobredimensionamientos excesivos.

Al finalizar con todos los procesos anteriores, se realiza pruebas de funcionamiento aplicando el proceso de pasteurización VAT, en el cual se mantiene la leche a 63 °C durante 30 minutos. Además de realizar un análisis económico y validar la rentabilidad que puede ofrecer a lo largo de los años de su funcionamiento. Este proyecto será implementado en la Provincia Pichincha, Cantón Cayambe en Juan Montalvo.

**Palabra clave:** proceso, diseño, pasteurización, capacidad, leche.

## **Abstract**

The present work describes the meaning of raw milk and its components. It also describes the different processes of pasteurization, as well as VAT, HTSH and UHT pasteurization. In addition to conducting a brief study of production at the national and regional level in order to focus on the delivery logistics of the Juan Montalvo parish more specifically in the La Josefina community. Then the analysis of the proper care of the milk, which starts from milking, storage and transportation to the production plant, complying with the standards imposed by the various INEN standards.

The different components, materials and alternatives for the manufacture of the pasteurizing machine are analyzed taking into account the production and ease of purchase of the milk and in this way carry out the correct sizing, In addition to evaluating capacities, costs, processing and assembly times, to finally select the best manufacturing alternative.

As a key point of the project, the design of the prototype with a capacity of 200 liters is proposed, complying with the expectations raised using the VAT pasteurization process. It should be emphasized that the prototype has oversizing in order to avoid work accidents, structural fatigue and efficiency, ensuring that it is a fixed investment complying with the required capacity. These calculations are validated through mathematical calculations and thus obtain rational dimensions that are adapted to each need, avoiding excessive oversizing.

At the end of all the previous processes, functional tests are carried out applying the VAT pasteurization process, in which the milk is kept at 63 ° C for 30 minutes. In addition to carrying out an economic analysis and validating the profitability that it can offer throughout the years of its operation. This project will be implemented in the Pichincha Province, Cayambe Canton within Juan Montalvo.

**Key word:** process, design, pasteurization, capacity, milk.

## Glosario de términos

**Pasteurización:** consiste en una relación temperatura y tiempo en la cual se eliminan organismos patógenos (bacterias), que son capaces de generar enfermedades, además de ayudar a aumentar la vida útil del producto [1].

**Leche:** producto obtenido del ordeño higiénico completo de una o más vacas sanas, sin contenido de calostro, el cual puramente debes ser de un color blanco libre de olor y sabor [2].

**Tapa toriesférica:** posee radio abombado aproximadamente igual al diámetro del tanque, puede soportar altas presiones manométricas de trabajo, son generalmente de bajo costo [3].

**Costo:** es el monto sacrificado o valor monetario gastado en la adquisición de un producto o en la prestación de un servicio [4]

**Prototipo:** primeras hipótesis de diseño plasmadas como dibujos o bocetos utilizando recursos de diseño, con el fin de conocer si la solución resuelve un problema planteado [5].

**Agitación:** es el proceso en el cual se obliga al fluido a moverse dentro del tanque con el fin de homogenizar la mezcla [6]

**Calor:** se refiere a la energía causada de la transferencia producida por la variación entre dos temperaturas [7].

**Payback:** método utilizado para realizar un análisis a los presupuestos de un proyecto e indica el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial realizada [8].

**INEN:** siglas que significan “Instituto Ecuatoriano de Normalización”, es el ente encargado de formular las distintas normas técnicas dentro del Ecuador [9].

**VAT:** proceso de pasteurización lenta, consiste en almacenar la leche en un recipiente y elevar la temperatura a un rango entre 62 y 65 °C durante 30 minutos [10].

## INTRODUCCIÓN

La leche una sustancia blanquecina, sin grumos con sabor dulce, es un producto completo ya que posee vitaminas minerales y grasas. Es utilizado para la fabricación de queso fresco, queso mozzarella u otras alternativas y es extraída del ganado vacuno. Para la extracción el ordeño se debe mantener normas de limpieza estrictos para evitar la contaminación con agentes extraños (tierra, suciedades del ambiente, etc.). Para el cuantificar las características con las que cuenta la leche se utiliza el termo lactodensímetro y así detectar leche de mala calidad (leche aguada) que afecte con la producción de quesos.

El proceso de pasteurización asegura la correcta eliminación de bacterias dañinas para la salud del ser humano, alarga el periodo de vida para el consumo, no permite la pérdida de propiedades como vitaminas y minerales entre otras ventajas. Existen distintos tipos procesos de pasteurización: pasteurización VAT o lenta en la cual se eleva la temperatura a un rango de 62 - 65 °C durante 30 minutos para su posterior enfriamiento lento mientras que la pasteurización HTST se eleva la temperatura a un rango de 72 - 78°C por un periodo de 15 segundos y finalmente el proceso de pasteurizado UHT elevar la temperatura aproximada de 138 °C durante 2 segundos.

Se diseña y fabrica una maquina pasteurizadora con acero inoxidable AISI 304 utilizando el proceso de soldadura TIG debido a que no genera escorias y es un proceso de buena calidad y pureza, adicionando gas inerte argón que ayuda a generar una atmosfera adecuada para la soldadura, añadiendo varillas de aporte 308. La pasteurizadora tiene una camisa para el calentamiento del agua y el tanque interno que almacenará la leche para su proceso ayudado de un sistema de agitación tipo hélice doble para la homogenización en todo el tanque.

Finalmente se analiza los costos de fabricación y los beneficios que brinda la máquina. Tomando en cuenta que la maquina debe trabajar un mínimo de 10 años sin que pueda existir problemas estructurales ni accidentes laborales en el transcurso de trabajo.

## **Justificación**

Los pequeños productores engloban el 33,6 % del total de productores nacionales que equivale a una producción de 1780010 litros al día, dichos productores no poseen equipos tecnológicos para la producción y tratamiento de la leche cruda. Así mismo Torres menciona Cantón Cayambe produce alrededor de 425000 litros diarios de leche, donde 106250 se destinan a la producción artesanal y 267750 litros a la venta que puede ser directo al público o a los centros de acopio.

Entonces en la actualidad la elaboración de productos a partir de la leche cruda se ve dificultada debido los tiempos, cantidad de leche procesada y añadiendo la elaboración de manera artesanal sin el estricto control higiénico, por estos motivos la implementación de la pasteurizadora con capacidad de 200 litros permitirá tener un proceso seguro, eficaz y controlado en todas las etapas pasteurizando mínimo una cantidad de 200 litros por cada proceso.

La realización de este proyecto es importante porque contribuye de manera significativa al aprovechamiento máximo de la leche cruda en pequeños productores, beneficiándoles de la elevación del costo por litro obteniendo productos propios y asegurando el aprovechamiento de los recursos.

Por lo tanto, se hace necesario el cambio de metodologías de trabajo por parte de los pequeños productores. Es decir, con la implementación de la pasteurizadora se contribuirá a que logre entregar al consumidor un producto seguro y saludable eliminando la mayor cantidad de bacterias posible, manteniendo su valor nutricional actualizando el proceso de pasteurización implementando un sistema industrializado.

Además de garantizar una inversión segura y duradera utilizando materiales sanitarios específicos para el tratamiento de la leche cruda, teniendo facilidades de funcionamiento, tomando en cuenta que la estructura no genere inconvenientes como accidentes laborales, problemas de funcionamiento o alteración en la composición del producto procesado.

El objetivo general es diseñar y construir un prototipo para pasteurizar leche con capacidad de 200 l/h para el barrio Juan Montalvo cantón Cayambe.

Los objetivos específicos son:

- Evaluar la logística de distribución de la leche a la parroquia Juan Montalvo cantón Cayambe.
- Seleccionar una alternativa efectiva para el prototipo de 200 l/h.
- Diseñar los componentes necesarios para la pasteurizadora de acuerdo con las necesidades del proceso.
- Validar el funcionamiento del prototipo mediante diferentes pruebas y procesos de pasteurización.
- Analizar la rentabilidad económica para la implementación del prototipo en los procesos de pasteurización de leche cruda.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1. Procesos de pasteurización**

#### **1.1. ¿Qué es la leche cruda?**

Se considera leche al líquido blanco que produce el ganado vacuno, este tiene un sabor dulce que es uniforme sin grumos. Este producto sirve como base de alimentación de la cría o ternero en los primeros meses ya que posee nutrientes como: vitaminas, proteínas, grasa y minerales. Además, este es el alimento más completo para la alimentación del ser humano, debido a que se puede obtener derivados como el queso, dulces, yogurt entre otros [11].

#### **1.2. Producción en el Ecuador**

La producción nacional enfrenta grandes desafíos donde la eficiencia y rapidez de producción se debe adaptar a las distintas etapas tecnológicas, es decir a los cambios del entorno generado donde la implementación de sistemas de ordeño, sistemas de almacenamiento (tanques fríos) y la adaptación de buenas prácticas de higiene se ven necesarias en la actualidad [12].

Según el INEC [13]. En la región sierra es responsable del 76,79 % de la producción nacional, siguiendo la región costa con un promedio del 15,35 %, finalizando con la región oriental con el 7,86 %. De esta manera la producción nacional aproximada asciende a los 5,5 millones de litros diarios en los cuales se obtiene en promedio de 5,6 litros de leche por vaca. Los pequeños productores engloban el 33,6 % del total de productores nacionales que equivale a una producción de 1780010 litros al día, estos no poseen equipos tecnológicos como los ordeños mecánicos o sistemas automatizados de extracción de leche lo que dificultan la rapidez de la extracción de la leche cruda, mientras que los medianos y altos productores equivalen aproximadamente al 17,8 % y 11,1 % respectivamente, en la tabla 1 se muestra una breve descripción de la participación en la producción láctea.

Estrato	Tamaño (ha)	% Participación del número total de Remitentes	% Participación Producción Nacional Leche	Producción total de leche (lt/día)	Costos Producción USD (ctvs./litro)	Nivel Tecnología	Aplica BPP
Pequeño Productor	0 – 9.9	57.5	33.6	1,780,010	18-26	Bajo	Poco a Nulo
	10 – 19.9	12	11.7	621,372			
Mediano Productor	20 – 49.9	16.7	17.8	943,389	27-35	Tecnificada	Poco a Medio
	50 – 99.9	8.7	14.6	774,546			
Grande Productor	100 – 199	3.3	11.1	588,393	36-45	Altamente Tecnificada	Medio a Alto
	>= 200	1.5	11.2	594,210			

**Tabla 1.** Descripción de la participación en la producción láctea [13].

El nivel de tecnología demuestra la implementación de máquinas que facilitan la extracción, almacenaje y procesamiento de la leche cruda. Un nivel bajo tecnológico significa la producción y extracción artesanal de la leche, simplemente utilizando la labor del ser humano, mientras que dentro de un nivel tecnificado ya se utilizan sistemas mecánicos de ordeño y tanques de almacenamiento (tanques fríos), finalmente el nivel altamente tecnificado se utilizan sistemas totalmente automatizados donde la participación del ser humano es casi nula.

Según Torres [14]. La zona industrial para el procesamiento de la leche cruda dentro del Cantón Cayambe se extiende dentro de 55 establecimientos de los cuales se dividen en cinco microempresas, cinco pequeñas empresas, dos industrias, una mediana empresa y el restante son del tipo artesanal. El abasto para todas las empresas dedicadas al procesamiento de la leche cruda se deriva de aproximadamente 1800 pequeños productores, estos producen alrededor 425000 litros diarios de leche, de esta producción se destina 51000 para el consumo, 106250 se destinan a la producción artesanal y 267750 litros a la venta que puede ser directo al público o a los centros de acopio.

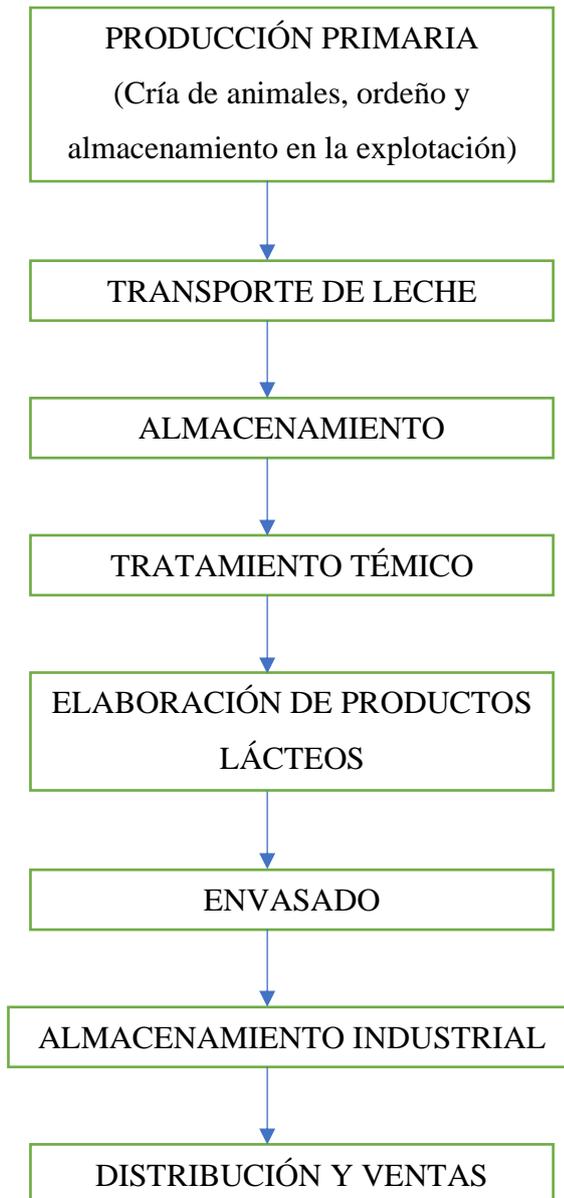
Dentro de la parroquia existen centros de acopio en los cuales receptan la producción de productores de los alrededores, para este caso se evidenciará el modo de operación del tanque frío de la “Asociación de Productores La Josefina”. Este centro de acopio

tiene una capacidad por entrega de aproximadamente 1000 litros. A este centro entregan 10 productores pequeños los mismos que son responsables de la calidad individual de la leche cruda. Las normas de entrega establecidas para el centro son: el correcto lavado de tetas y manos de la persona que va a realizar el ordeño, secado de tetas y manos para evitar contaminación, filtrar la leche para separar suciedades, transportarla, al llegar al tanque frío se realizan pruebas de acidez con alcohol al 70%. [15].

Como se mencionó, cada productor es el encargado de asegurar la buena calidad e higiene de la leche cruda pero la producción artesanal no mantiene regímenes de limpieza tan estrictos como las industriales. Es decir, cada productor individual realiza el ordeño a mano, esto debido a que no poseen ganado en cantidad. Posteriormente realizan el filtrado y envase en recipientes de acero inoxidable 304 o de aluminio que es norma obligatoria con el fin de evitar contaminación. Luego cada uno es responsable de entregar la leche en el centro de acopio y al llegar al tanque realizan la medición de la cantidad entregada y análisis de acidez. Tomando énfasis en el transporte cada productor lo realiza en transporte particular, otros mediante carreras o por cercanía a pie. [15].

### **1.3. Contaminación química biológica**

Los principales agentes contaminantes son los químicos y los biológicos. Los contaminantes químicos proceden generalmente de los medicamentos veterinarios, aunque también pueden pasar a la leche durante el ordeño como insecticidas, plaguicidas o detergentes y desinfectantes utilizados en la limpieza de los equipos. Los contaminantes microbiológicos son bacterias, virus y hongos estos están presentes en las heces piel, el alojamiento o el medio ambiente incluyendo al personal encargado del ordeño, también la leche se puede contaminar en la etapa de producción primaria y siguiendo el flujo de producción de leche mostrada en la figura 1 que se promueve seguir a modo de ejemplo [16].



**Figura 1.** Diagrama de flujo de la leche

Debido a esto las empresas o centros de acopio tienen normativas para la recepción y tomas de muestras de leche cruda para el debido procesamiento y obtener un producto de calidad y eficiencia, para lo cual se mencionan aspectos más importantes:

- Antes de iniciar el proceso de toma de muestra de leche cruda el encargado debe lavarse las manos y los brazos con suficiente agua y jabón durante un minuto.
- Secarse con una toalla de papel desechable.
- Utilizar mandil, guantes, mascarilla y cofia para evitar la contaminación de la muestra [17].

#### 1.4. Descripción general de las pruebas.

Para la correcta recolección y análisis de muestras provenientes de leche cruda existen diversos métodos establecidos por la norma INEN y de esta manera asegurar el control y sanidad de la leche para consumo y distribución, entre los cuales están:

- Análisis físico - químico
- Densidad de la leche
- Estabilidad proteica de la leche
- Determinación de acidez [18]

##### 1.4.1. Análisis físico – químico

Es el producto integro, no alterado y sin calostro, procedente del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras domésticas, mamíferas, sanas y bien alimentadas, por ende, la leche posee cualidades tales como: Grasas, solidos no grasos, proteínas, agua añadida, lactosa y como guía se pueden observar la tabla 2 y tabla 3 [19].

**Tabla 2.** Propiedades físico-químicas de la leche [20]

Requisitos	Unidad	Min.	máx.	Método de ensayo
15°C Densidad relativa	g/ml	1029	1,032	NTE INEN 11
20°C Densidad relativa	g/ml	1028	1,033	NTE INEN 11
Materia grasa	%	3	-	NTE INEN 12
Acidez titulable	%	0,13	0,17	NTE INEN 13
Solidos totales	%	11,2	-	NTE INEN 14
Proteínas	%	2,9	-	NTE INEN 16
Punto de congelación	°C	-0,536	-0,512	NTE INEN 15
Ensayo de reductasa	h	3	-	NTE INEN 018

**Tabla 3.** Requisitos microbiológicos de la leche cruda [20]

Requisito	Límite máximo	Método de ensayo
-----------	---------------	------------------

Recuento de microorganismos aerobios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529:-5
Recuento de células somáticas/cm <sup>3</sup>	7 x 10 <sup>5</sup>	AOAC – 978.26

#### 1.4.2. Análisis de densidad de la leche

A esta prueba rápida también se la puede conocer como prueba del Termo lacto densímetro los cuales tienen su calibración a 15°C y 20°C, como consideraciones importantes se tiene:

- La leche recién ordeñada tiene una temperatura que puede oscilar entre 28-30°C.
- La densidad de la leche puede oscilar con respecto a la temperatura donde la norma INEN 11 establece la siguiente formula:

$$d_{20} = d + 0,0002 * (t - 20) \quad (1)$$

Donde:

***d*<sub>20</sub>**: densidad de la leche corregida a 20°C.

***d***: densidad de la leche medido u obtenida.

***t***: temperatura medida.

Debido a esto, las muestras se toman con diferentes temperaturas a 15 o 20°C, se debe utilizar una tabla de ajuste de densidad de leche [18].

#### 1.4.3. Prueba de estabilidad proteica

También llamada prueba de alcohol, esta prueba permite detectar bacterias coliformes tales como Echerichia coli. Para realizar esta prueba se utiliza una pistola, tiene un compartimento donde se coloca alcohol al 75%, se recolecta la muestra de la leche, esta pistola mezcla 2 ml de leche y 2ml de alcohol para mezclarlos, si se obtiene manchas o puntos blancos indica que la lactosa se ha transformado en ácido láctico esto indica que hay presencia de coliformes en la leche [18].

#### 1.4.4. Prueba para determinación de acidez

Exceso de iones de hidrógeno en una disolución acuosa, en relación con los que existen en el agua pura. Además, la acidez es desarrollada debido al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa, y eventualmente de los lípidos, en leches en vías de alteración [17].

#### 1.5. Pasteurización de leche cruda

Louis Pasteur investigó cómo las bacterias podían agriar las bebidas, descubrió las propiedades en la leche. Pasteur inventó un proceso que eliminaba las bacterias calentando y enfriando la leche. La pasterización es un proceso tecnológico que consiste en someter a la leche a un tratamiento térmico suave que permite mantener las características nutritivas y sensoriales de la leche. Existen diferentes maneras de pasteurizar la leche, cada proceso calienta y enfría la leche a diferentes temperaturas como se muestra en la table 4 [21].

**Tabla 4.** Procesos de pasteurización [21].

<b>Tipo de pasteurización</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura</b>
VAT (Pasterización lenta)	30 min	62 - 65°C
HTST (Alta temperatura corto tiempo)	15 s	72- 78°C
UHT (Ultra altas temperaturas.)	1 – 2 s	138°C

La pasteurización lenta es utilizada para producir fermentos base para queso, yogur y suero de manteca, así como para pasteurizar algunas mezclas para helado [22]. Todos estos procesos de pasteurización hacen que la leche sea segura para el consumo, porque sirven para matar todas las bacterias potencialmente peligrosas como la Salmonella, la Escherichia coli y la Listeria. Estos microbios son los responsables de numerosas enfermedades transmitidas por alimentos, según la FDA [23] [24].

##### 1.5.1. Proceso VAT

Este proceso fue el primero en su tipo, debido a esto al transcurrir los años este proceso fue renovado constantemente por otros sistemas más eficaces y actuales. El proceso

consiste en calentar grandes volúmenes de leche en un recipiente a 63 °C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente [25].

### **1.5.2. Proceso HTST**

Este proceso expone a la leche a una temperatura de 72°C durante 15 segundos, para este proceso se necesita poco equipamiento, reduciendo costos de mantenimiento de equipos. Este proceso presenta las desventajas como contar con personal altamente calificado para controlar todo el proceso, existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST como en batch o flujo continuo [25].

### **1.5.3. Proceso UHT**

Este proceso también es conocido como proceso de ultra pasteurización y consiste en elevar la temperatura a 138 °C durante dos segundos. Debido a este periodo de exposición, se produce una mínima degradación de componente internos. Este método permite períodos de conservación de 10 a 45 días si se almacenan refrigerados a 10°C [25].

### **1.5.4. Resumen de ventajas y desventajas de procesos de pasteurización**

#### **– Proceso VAT**

##### **Desventaja**

El proceso de enfriamiento puede tardar hasta 24 horas

#### **– Proceso HTST**

##### **Ventajas**

Expone al alimento a altas temperaturas por corto tiempo.

Necesita poco equipamiento.

##### **Desventajas**

Se necesita contar con personal calificado.

Necesita controles estrictos.

#### **– Proceso UHT**

## **Ventajas**

Produce una mínima pérdida o degradación de cualidades dentro del producto

Permite periodos de conservación de entre 10 a 45 días.

### **1.5.5. Beneficios de la leche pasteurizada**

El objetivo primordial para realizar el proceso de pasteurización de la leche es la destrucción de microorganismos que estén presentes en la leche cruda, así como la eliminación de dichos microorganismos se evita transmitir enfermedades al consumidor. Además de permitir la eliminación en su gran mayoría de flora asociada a dichos microorganismos y de esta manera se puede alargar la vida útil de la leche [26].

El proceso de pasteurización debe realizarse siguiendo las recomendaciones establecidas para cada proceso considerando el tiempo y la temperatura respectivas, para evitar que sobrevivan microorganismos patógenos dentro de la leche. Mientras que superar la temperatura desemboca en la reducción nutricional como proteínas minerales o vitaminas existentes dentro de la leche y además de una reducción en la disponibilidad de aminoácidos [27].

Además, el proceso de pasteurización debe estar bien controlado por dos razones:

- Si es insuficiente, no se realizará la pasteurización y se desperdiciará tiempo y dinero.
- Si es excesivo, se pierden las condiciones de calidad gustativa del producto [28].

### **1.6. Derivados de la leche cruda.**

Los derivados de la leche son la crema, los quesos y la mantequilla. La crema concentra las grasas de la leche y, en mayor cantidad aún, la mantequilla, la cual se obtiene al aglomerarse los glóbulos grasos de la nata. Los quesos se preparan coagulando la leche más o menos desnatada mediante la aplicación del cuajo (en el comercio se vende en pastillas o de forma líquida), que produce la separación de la caseína de la leche. Es buen estimulante de la digestión y facilita la asimilación de grasas y carbohidratos [29].

### 1.6.1. Queso

Se obtiene mediante la coagulación de leches, es decir, por la separación del suero. El queso contiene en forma concentrada, debido a la acción de cuajo u otros coagulantes. El queso tiene que pasar por distintos procesos ya dentro de la producción como lo son: tratamiento térmico de la leche, cuajada de la leche, desuerado, prensado, salado y maduración, añadiendo que las distintas variedades de queso son el resultado del tipo y composición de la leche de partida, dando como resultado la consistencia, el sabor y el aroma del queso [30].

## 1.7. Materiales necesarios para la pasteurizadora

### 1.7.1. Acero inoxidable

Los aceros inoxidables son aleaciones, con bajo contenido de carbono, un 11% de cromo con 0.8% de carbono. En algunos casos se llega a contener níquel como segundo elemento de aleación. Una de las características es su alta resistencia a la corrosión, esto es debido a la formación de una fina capa de óxido de cromo en la superficie del acero. Dicha capa está adherida al metal y es encargada de proteger al metal. En la figura 2 se muestra la disposición de la capa protectora de cromo [31].



**Figura 2.** Capa de óxido de cromo adherida al metal [31].

En la aplicación industrial tiene múltiples ventajas como:

- Resistencia a la corrosión
- Resistencia a la alta y baja temperaturas
- Facilidad de fabricación

- Propiedades higiénicas [31]

El acero inoxidable AISI 304 no es magnético, ni templable siendo fácil para trabajarlo en frío como doblado, embutido o cilindrado, pero requiriendo grandes esfuerzos debido al alto grado de endurecimiento, siendo diferente a otros aceros de baja aleación. En la tabla 5 se presentan las características del acero inoxidable [32].

**Tabla 5.** Propiedades físicas acero inoxidable 304 [32]

<b>Detalle</b>	<b>AISI 304</b>
Densidad	8000 (Kg/m <sup>3</sup> )
Módulo de elasticidad	193 (GPa)
Conductividad térmica (20 °C/ 100°C)	15/16 (W/m K)
Calor específico	500 (J/Kg K)
Estructura	Austenítico
Límite a fluencia	210 (kPa)

El acero inoxidable AISI 304 se lo puede utilizar en:

- Arquitectura
- Fabricación de utensilios
- Construcción de estructuras o contenedores
- Procesadoras de alimentos
- Industria química [32]

### **1.7.2. Soldadura**

La soldadura antigua al igual que la soldadura moderna no es más que la unión de dos o más piezas de materiales, esto se logra mediante la fusión, en la cual las piezas se funden y se les añade un material de aporte que al enfriarse se convierten en una unión fija a la que se le denomina cordón, pero eso no se logró hasta la invención de nuevos procedimientos de soldadura que dieron paso a una mayor eficiencia en la unión de las piezas, donde en la antigüedad se utilizaban métodos como son remachado y un procedimiento alternativo de soldadura en el que no involucraba la fusión sino más bien se da el uso de oro para soldar [33].

### 1.7.3. Soldadura TIG

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas), no es más que una variación de la versión eléctrica de la soldadura autógena, en la cual hace pasar corriente eléctrica por un electrodo no consumible el cual está hecho de un elemento llamado tungsteno que puede estar en estado puro o aleado no más del 5% (este no llega hasta su punto de fusión), el calor que emite hace fundir el metal base y en ciertos casos se debe utilizar un material de aporte en forma de varilla no recubierta (varilla auxiliar). Este procedimiento tiene protección gaseosa (argón) que se aporta por la antorcha que crea una atmósfera inerte desplazando el aire de la zona de fusión [34, 35].

La soldadura TIG tiene permite soldar la mayoría de los metales, no produce escoria, dependiendo de la situación no es un proceso caro, valido para soldar en todas las posiciones, es muy utilizado para soldaduras de cordones en tuberías y aceros inoxidable, soldadura de gran calidad y pureza, pero se encuentra limitada por ser lenta, no ser rentable para unir espesores de más de 6 mm y exigir mucha habilidad al soldador [35].

El argón es el gas universal utilizado en soldadura TIG, siendo más denso que el aire protege la soldadura como se observa en la figura 3 [36], no interfiere con las propiedades químicas y metalúrgicas del material, se lo puede utilizar en las industrias químicas, alimentos de celulosa, etc. [37].



**Figura 3.** columna de gas argón ionizado altamente concentrado [36].

### 1.7.4. Varilla de aporte 308

Diseñada para soldar acero inoxidable tipo 304 utilizando el proceso TIG, esta varilla tiene bajo contenido de carbono. El bajo contenido de carbono en el metal de aporte disminuye la posibilidad de precipitación de carburos e incrementa la resistencia a la corrosión sin el uso de estabilizadores tales como columbio y titanio, esta varilla de aporte es ideal para la utilización en soldadura de aceros inoxidables 304 la composición química se la puede observar en la tabla 6 [38].

**Tabla 6.** Composición química varilla de aporte 308 [38].

<b>Composición química</b>			
<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Material</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Carbono (C)	0,02	Manganeso (Mn)	1,9
Silicio (Si)	0,38	Fosforo (P)	0,02
Azufre (S)	0,01	Cromo (Cr)	19,80
Níquel (Ni)	9,8	Molibdeno (Mo)	0,19

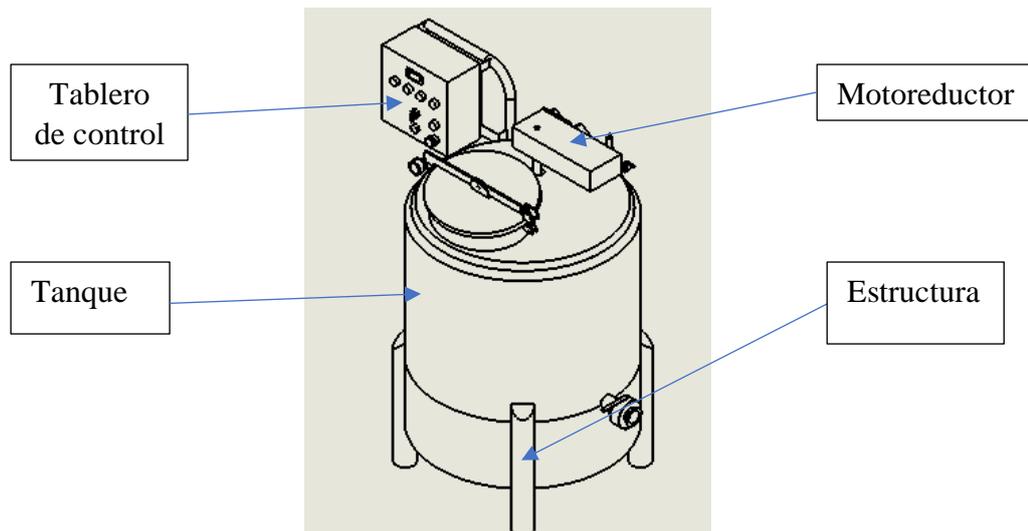
El proceso de soldadura TIG es el más recomendable para la soldadura de piezas hechas en acero inoxidable AISI 304, además se debe incluir varillas de aporte 308, con gas inerte argón, el mismo que crea la atmosfera necesaria para la fusión de los materiales, este procedimiento no escoria siendo una gran ventaja.

### **1.8. Partes de un pasteurizador**

Para la correcta implementación del pasteurizador se tiene los siguientes componentes de manera general:

- Estructura
- Tanque
- Motor reductor
- Tablero de control

Estos implementos que se muestran en la figura 4 deben ser seleccionados cuidadosamente con materiales vigentes dentro del mercado para lo cual se detalla dentro de la tabla 7.



**Figura 4.** Descripción prototipo marmita

**Tabla 7.** Selección de materiales para pasteurizador.

Parte	Material	Geometría referencial
Estructura	AISI 304	Tubo cuadrado
Agitador	AISI 304	Tubo redondo
Tanque	AISI 304	Plancha

Elaborado por: Jesús Chicaiza

### 1.8.1. Estructura.

También se lo conoce como armadura, se fija al suelo, sirve de sustentación o que sirve como soporte rígido [39], esta estructura soportara las cargas procedentes del tanque y la leche para el proceso de pasteurización.

### 1.8.2. Tanque

El tanque es el recipiente el cual va a contener la leche para el procedimiento de pasteurización que elimina bacterias y agentes responsables de enfermedades en el ser humano, este recipiente es de acero inoxidable a 304 como se muestra en la tabla 6, tiene las cualidades que soportan los procesos de pasteurización a altas temperaturas. Este modelo cuenta con un quemador industrial que ayuda a aumentar la temperatura de la leche hasta llegar a los 63°C y mantenerlos por 30 minutos, añadiendo un sistema de agitación para homogenizar la mezcla que es controlado por un tablero de control.

### 1.8.3. Motorreductor

Un motorreductor es un reductor de velocidad con un motor directamente conectado, no utiliza un adaptador campana y cople para montar el motor, el motor es de hecho parte del reductor de velocidad. Una primera ventaja del motorreductor comparado con otra combinación motor y reductor es la longitud. Moto reductores son compactos en tamaño. La figura 5 muestra un motorreductor [40].



**Figura 5.** Diseño de motorreductor [40]

## **CAPÍTULO II**

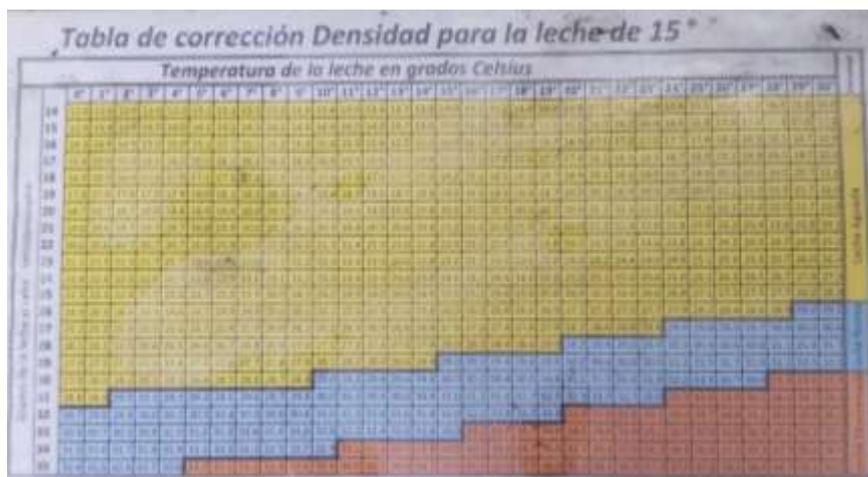
### **SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1. Reseña previa**

De acuerdo a los datos recolectados de la Finca “El Edén”, una finca familiar ubicada en la provincia Pichincha, Cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo, esta finca se dedica a la producción de leche cruda, la producción diaria aproximada de 150 litros diarios, los cuales son entregados a las plantas de procesamiento lácteo, se realiza 2 ordeños al día aproximadamente a las 6 am y 6 pm con el fin de dar espacio a la producción y alimentación del ganado productor, mediante la experiencia de la finca en el ámbito lechero sugieren tener una limpieza sencilla para los equipos debido que se deben realizar constantemente para evitar la contaminación.

Otro factor que ayuda a la producción lechera es la correcta aplicación de técnicas de alimentación y pastoreo realizadas, estos factores se ven afectados con las temporadas climáticas, además de combinar los pastos con alimentos suplementarios como son los balanceados, sales minerales y grasas con el fin de equilibrar la producción lechera, pero también existen temporadas donde la sequía afecta la producción y calidad debido a que la densidad de la leche cruda sufre variaciones en su estructura, esto debido a la baja humedad en la tierra que produce retrasos en el crecimiento de pastos.

La producción láctea de la familia es un emprendimiento, los principios de operación para almacenamiento de la leche depende de la temperatura de la noche, ya que la leche es almacenada en tarros de 40 litros puestos a enfriar en agua durante la noche, enfriándose a unas temperaturas que oscilan entre 12 y 15°C, donde cada mañana se realiza la verificación de la densidad mediante el uso del termo lactodensímetro el cual según la temperatura da una idea de la densidad de la leche. Además, se utiliza una tabla de corrección de densidad que se muestra en la figura 6, donde se muestran variables como la temperatura y densidad medida. El lacto densímetro tiene las características mostradas en la tabla 8.



**Figura 6.** Tabla de corrección densidad para leche de 15°C

**Tabla 8.** Descripción de termo lacto densímetro.

<b>Termo lactodensímetro Gerber</b>	
<b>Unidad</b>	g/ml
<b>División</b>	0,001 g/ml
<b>Rango</b>	1015 -1040
<b>Temperatura de calibración</b>	15°C
<b>Termómetro</b>	0 - 40°C

Descripción de termo lacto densímetro elaborado por: Jesús Chicaiza

## 2.2. Selección de proceso de pasteurizado

Como alternativas para el proceso de pasterizado se tiene las presentadas en la tala 4. Pasteurización lenta (VAT), pasteurización flash (HTST) y ultra pasteurización (UHT). De acuerdo con la información revisada anteriormente el proceso de pasteurización lenta es el proceso más utilizado en las pequeñas empresas y procesos artesanales debido al fácil acceso al equipamiento (tanque almacenamiento, sistema de calentamiento y enfriamiento), el proceso de pasteurización flash se refiere a un proceso más profesional incluyendo personal más preparado, este proceso utiliza sistemas de vapor de agua con intercambiadores de calor de placas que hacen una breve exposición al calor durante 15 segundos, para este proceso los costos de equipamiento son más elevados y finalmente el proceso de ultra pasteurizado eleva la temperatura hasta aproximadamente 135 °C por un periodo de 2 segundos, el equipamiento

requerido es más profesional, los costos superan a los anteriores además de un manejo más estricto de la higiene.

De acuerdo con las consideraciones ya revisadas con anterioridad la solución más viable es la pasteurización VAT o pasteurización lenta debido a que es un proceso común dentro de la industria, es más accesible, los costos de equipamiento no son tan elevados.

### 2.3. Factores de fabricación

Antes de realizar un análisis más exhaustivo para el método de fabricación y sus factores se debe considerar la capacidad de procesamiento del prototipo tomando en cuenta como mejor alternativa el proceso de pasteurización lenta VAT, para lo cual se propone los siguientes prototipos presentados en la tabla 9.

**Tabla 9.** Prototipos para fabricación

<b>Prototipos de pasteurizadora</b>									
	<b>Expectativa</b>		<b>50 lt</b>		<b>100 lt</b>		<b>200 lt</b>		
Capacidad (lt) (50%)	9	4.5	6	3	7	3.5	9	4.5	
Espacio ocupado (20%)	8.5	1.7	7	1.4	8	1.6	8	1.6	
Facilidad de ensamblaje (15%)	8	1.2	7	1.05	7.5	1.125	8	1.2	
Facilidad de arranque (15%)	9	1.35	7	1.05	8	1.2	8	1.2	
<b>Ponderado</b>	<b>8.75</b>		<b>6.50</b>		<b>7.43</b>		<b>8.5</b>		

Prototipos para fabricación. Elaborado por: Jesús Chicaiza

Mediante datos obtenidos de las necesidades dentro de la finca “El Edén” En la tabla 9. Se muestra el detalle los pesos de cada característica entre paréntesis con valores en porcentaje. La columna de “expectativa” muestra el ponderado de la necesidad establecida. Se expresa tres volúmenes diferentes debido a que se ve la necesidad de evaluar las posibilidades de fabricación de acuerdo con la cantidad de producción diaria además de la capacidad de adquisición de leche cruda de los alrededores.

Dentro de la tabla 9 la obtención de las columnas de los volúmenes de 50, 100 y 200 litros se realiza el producto de los valores en porcentajes que se encuentran entre paréntesis y los valores que están entre 0 (malo) y 10 (muy bueno) respectivamente para posteriormente realizar la suma de los valores resultantes de los productos anteriores. De acuerdo con estos cálculos se muestra que la mejor opción es una pasteurizadora con capacidad mínima de 200 litros que llega a una calificación de 8.5.

Además, existen más factores que deben considerarse para el diseño del prototipo con el fin de ayudar a desempeñar un trabajo más efectivo y rápido tales como: Funcionalidad, costo, fuente de alimentación, modo de funcionamiento y durabilidad, las consideraciones se las puede evidenciar en la tabla 10.

- **Funcionalidad:** debe ser fácil de limpiar sin necesidad de ejercer grandes esfuerzos para garantizar buenas prácticas de limpieza y evitar contaminaciones a la leche cruda. Ponderación: 8/10.
- **Costo:** debe tener una relación costo beneficio equilibrado mediante el correcto análisis de costo de materiales, mano de obra de fabricación y otros. Ponderación: 8/10.
- **Fuente de alimentación:** dado el caso el único método para el calentamiento para el proceso de pasteurización es el GLP, este factor tiene una ponderación de 9/10 debido a la falta de alternativas.
- **Modo de funcionamiento:** debe optimizar tiempo en todo el proceso mediante el diseño correcto del prototipo. Ponderación: 9/10.
- **Durabilidad:** el prototipo debe soportar las cargas relacionadas a cargas propias de la estructura (peso propio del equipo), además del peso propio de la leche, manteniendo un 9/10.

**Tabla 10.** Factores de fabricación

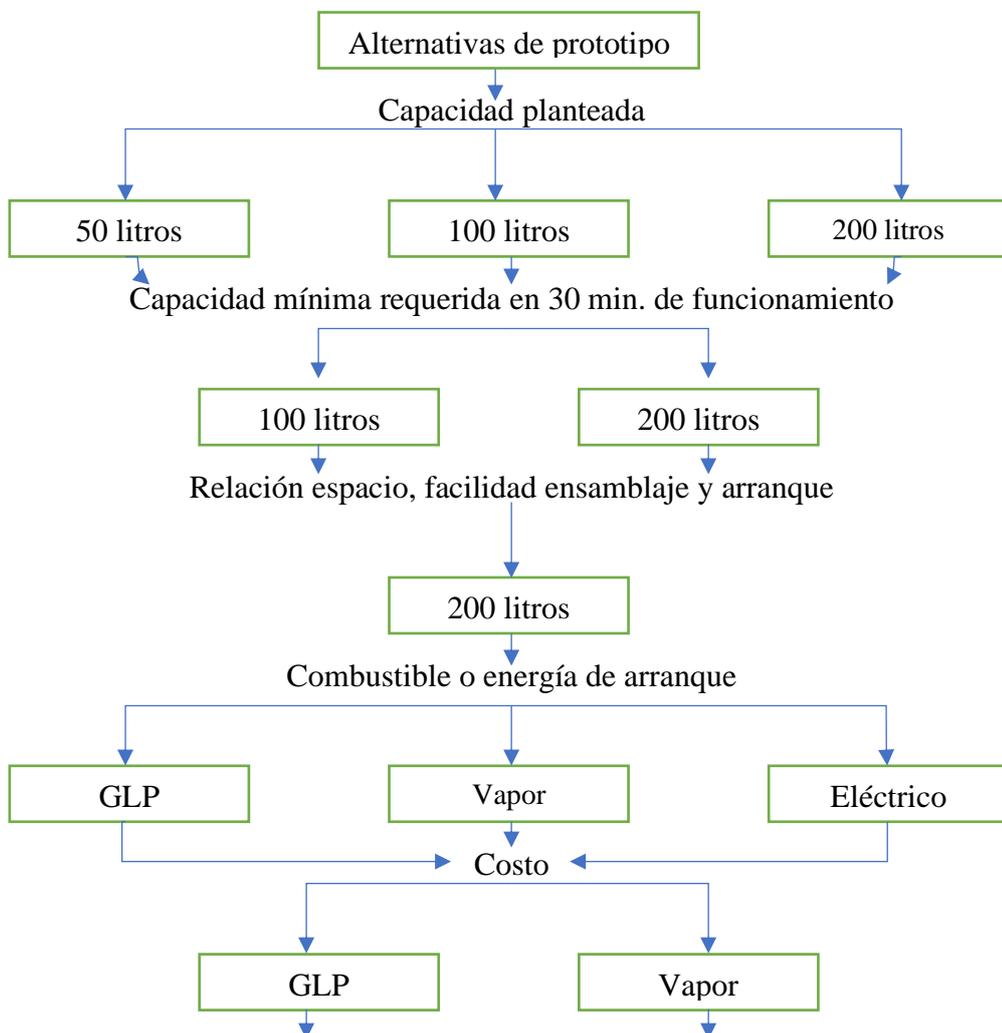
	Descripción de prototipos							
	Expectativa	GLP	Vapor	Eléctrico	Expectativa	GLP	Vapor	Eléctrico
Costo (30%)	8	2.4	8	2.4	6	1.8	6	1.8
Fuente de alimentación (15%)	9	1.35	9	1.35	7	1.05	5	0.75
Modo de funcionamiento (15%)	9	1.35	7	1.05	8	1.2	7	1.05

Durabilidad (20%)	9	1.8	8	1.6	8	1.6	7	1.4
Funcionalidad (20%)	8	1.6	9	1.8	8	1.6	6	1.2
<b>Ponderado</b>	<b>8.5</b>	<b>8.2</b>	<b>7.25</b>	<b>6.2</b>				

Factores de fabricación. Elaborado por: Jesús Chicaiza

Dentro de la tabla 10 la obtención de las columnas de GLP, vapor y eléctrico se realiza el producto de los valores en porcentajes que se encuentran entre paréntesis y los valores que están entre 0 y 10 respectivamente para posteriormente realizar la suma de los valores resultantes de los productos anteriores. La mejor opción para este análisis muestra que el GLP obtiene un ponderado de 8.5 añadiendo que el GLP es de fácil acceso y de costo bajo.

Para resumir la información obtenida en las tablas 8 y tabla 9 se realiza el flujograma presentado en la figura 7





**Figura 7.** Flujoograma de selección de prototipo

El flujoograma presentado en la figura 7 muestra el análisis simple desde los volúmenes mínimos necesarios dentro del periodo de 30 minutos, analizando el combustible requerido para el calentamiento de la leche cruda en el proceso, además de los costos y del fácil acceso al mismo.

De acuerdo con el análisis realizado en las tablas 9 y tabla 10 la capacidad la más viable para la pasteurización de la leche, es el prototipo con capacidad de 200 litros debido que procesa una cantidad razonable de leche cruda, su construcción no es rustica en comparación a prototipos de volúmenes superiores a los 200 litros, la cantidad de energía utilizada para el proceso de pasteurización es menor, fácil acceso a GLP, costo de fabricación razonable a comparación de un sistema netamente eléctrico.

#### **2.4. Propuesta de prototipo**

Una vez analizado los aspectos importantes para la fabricación del prototipo se propone la fabricación de la pasteurizadora con las características presentadas en la figura 8.



**Figura 8.** Prototipo de pasteurizadora

## **2.5. Implementos necesarios**

### **2.5.1. Quemadores radiales**

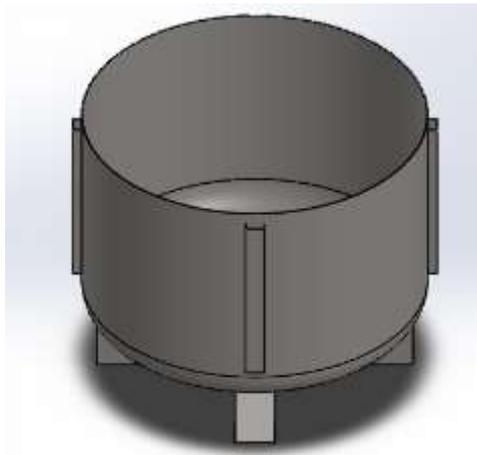
Fabricados en fundición de hierro, aptos para soportar las más altas temperaturas, cuentan con venturis de fundición de aluminio, inyectores en bronce con regulador de aire primario de aluminio y llave de  $\frac{1}{4}$  de vuelta manual, siendo aptos para trabajar con gas natural o GLP [41], El diseño final del quemador radial se muestra en la figura 9.



**Figura 9.** Diseño final quemador radial

### 2.5.2. Recipiente

Se los conoce como los contenedores de la leche cruda para el proceso de pasterización, son fabricados con acero inoxidable 304, el cual en sus cualidades y aplicaciones sirve para la fabricación de utensilios de manipulación de lácteos y alimentos [42]. El tanque interno o recipiente se diseña con una base toriesférica, con sujetadores laterales y con bases inferiores para evitar las deformaciones debido a la leche, esto se muestra en la figura 10.

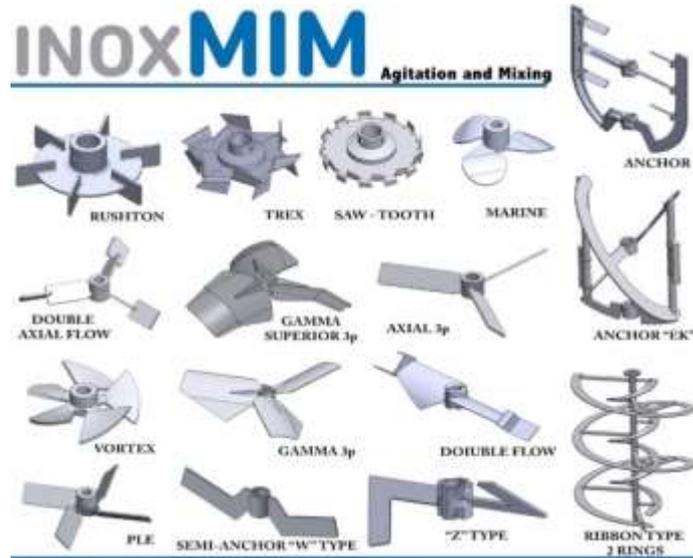


**Figura 10.** Tanque interno con detalles

### 2.5.3. Agitador

El agitador va instalado sobre un eje suspendido, El eje está accionado por un motor, más frecuentemente acoplado al eje a través de una caja reductora de velocidad. El agitador crea un modelo de flujo en el sistema, dando lugar a que el líquido circule a través del tanque y eventualmente retorne al agitador [43].

INOXMIN [44] define a los agitadores como mecanismos que pueden mezclar fluidos dentro de cualquier proceso, dependiendo del agitador puede permitir funciones el mantenimiento, homogenización, disolución o intercambio térmico de cualquier fluido. Su funcionamiento se basa en movimientos de rotación que con la ayuda de impulsores adecuados pueden tener movimiento axial, radial, tangencial. Existen diversos agitadores con impulsores como se mira en la figura 11.



**Figura 11.** Agitadores con diversos tipos de impulsores en el mercado [44]

Para el diseño del agitador se realiza un impulsor tipo hélice con inclinación de  $45^\circ$  de doble impulsor para maximizar la mezcla y la homogenización de la temperatura del producto en todas las capas. Este diseño se muestra en la figura 12.



**Figura 12.** Diseño de agitador

# CAPÍTULO III

## CÁLCULO, DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO DEL TANQUE DE PASTEURIZACIÓN

### 3.1. Cálculo de variables para el tanque del prototipo

El diseño tendrá la capacidad para procesar 200 l/h. Dentro de lo cual existen algunos parámetros que se deben considerar, la leche cruda tendrá aproximadamente una temperatura de 15 °C que no cuenta con tanque de enfriamiento, esta leche será procesada a pasteurización VAT, para posteriormente enfriarla.

Para los cálculos respectivos se considera que la altura en Cayambe se encuentra a 2800 metros sobre el nivel del mar (msnm) y mantiene una presión de 14,91 PSI aproximadamente, estos datos se consideran en los cálculos generales. Además de implementar factores de seguridad con el fin de obtener un prototipo seguro. El volumen de diseño mínimo necesario es de 100 litros

#### 3.1.1. Variables que considerar

El prototipo se diseña con sobre dimensionamiento con el fin de salvaguardar la integridad del equipo y que la leche no ocupe todo el volumen del tanque a lo cual se le añade el volumen del fondo de la base toriesférica.

$$V_D = V_t \cdot 1,4 \quad (2)$$

$V_D$  es el volumen de diseño tomando en cuenta el volumen total requerido  $V_t$  incluyendo un factor de seguridad del 1.4 aproximadamente. También se debe considerar la presión que puede llegar a ejercer el fluido en reposo sobre el prototipo mediante la ecuación 3

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

$\Delta P$  es la variación de presión dentro del recipiente,  $\rho$  es la densidad de la leche,  $g$  es la gravedad y  $h$  es la altura a la que se encuentra la leche. Tomando en cuenta la

ecuación anterior se presenta la ecuación 4 para la determinar la presión de diseño teórica que se debe tomar en cuenta.

$$P_t = \Delta P + P_c + P_{atm} \quad (4)$$

$P_t$  es la presión de diseño teórica total en el sistema y  $P_{atm}$  es la presión atmosférica. Para el correcto análisis del volumen del tanque se plantea la ecuación 5, considerando el sobredimensionamiento ya planteado.

$$V_D = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \quad (5)$$

$D$  es el diámetro del tanque,  $\pi$  es una constante y  $H$  es la altura total del tanque. Despejando la ecuación anterior se obtiene la siguiente ecuación que permite encontrar el diámetro en función del volumen de diseño.

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot V_D}{\pi}} \quad (6)$$

Se considera la siguiente relación entre la altura y el diámetro del tanque para la leche cruda. Para este caso de acuerdo con los requerimientos se toma en cuenta la siguiente consideración:

$$H = \frac{5}{8} \cdot D \quad (7)$$

Para una mejor compresión se plantea la formula destinada al cálculo del porcentaje que la leche ocupara dentro del tanque.

$$\% \text{ Volumen ocupado} = \frac{V_{Mezcla}}{V_{real}} \cdot 100 \quad (8)$$

$V_{mezcla}$  es el volumen ocupado dentro del tanque y  $V_{real}$  es la capacidad máxima que soporta el tanque. Además, se considera el peso del equipo en funcionamiento toando en cuenta el peso propio del prototipo y leche en su capacidad de diseño.

$$M_{\text{tanque en op.}} = M_{\text{tanque vacio}} + V_{\text{tanque}} * \rho_{\text{mezcla}} + V_{\text{chaqueta}} * \rho_{\text{agua}} \quad (9)$$

Las iniciales M son las masas respectivas de cada componente y V describe al volumen.

Al igual que el volumen, la presión también se debe sobredimensionar es decir tener un facto de seguridad alrededor del 15 % aproximadamente.

$$P_d = P_t \cdot 1.15 \quad (10)$$

Para la consideración del espesor del tanque cilíndrico horizontal se mantiene la fórmula de la siguiente ecuación.

$$t_c = \frac{P_c \cdot R_{int}}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_c} \quad (11)$$

Dentro de la ecuación anterior se considera a  $t_c$  como el espesor de la lámina,  $P_c$  como la presión interna del cilindro,  $R_{int}$  el radio interno del cilindro, S esfuerzo del material y E como factor de soldadura (0.85). Las ecuaciones anteriormente mencionadas permiten el análisis concreto en el diseño del prototipo [45].

### 3.1.2. Determinación de la altura y diámetro en función de volumen

Aplicando la ecuación 2 se sobredimensiona el volumen del prototipo nos da una idea general para el sobredimensionamiento, pero en este caso se lo va a realizar con un factor de 1.4

$$V_D = 131,5 \cdot 1,4$$

$$V_D = 184 \text{ l} \approx 184000 \text{ cm}^3$$

$$V_D = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$$

La ecuación 5 se evalúa dentro de la ecuación 7 para obtener datos balanceados

$$V_D = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \frac{5}{8} \cdot D$$

$$V_D = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{5}{8} \cdot D^3$$

$$\sqrt[3]{\frac{8 \cdot V_D}{\pi}} = D$$

$$D = 71.91 \text{ cm} \approx 72 \text{ cm}$$

$$H = \frac{5}{8} \cdot D$$

$$H = \frac{5}{8} \cdot 72$$

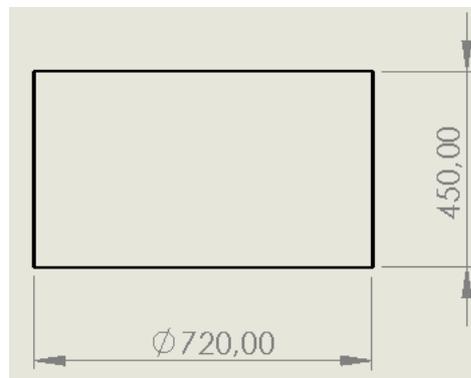
$$H = 45 \text{ cm}$$

$$V_t = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H$$

$$V_t = \frac{\pi}{4} \cdot 72^2 \cdot 45$$

$$V_t = 183217.68 \text{ cm}^3 \approx 183.22 \text{ l}$$

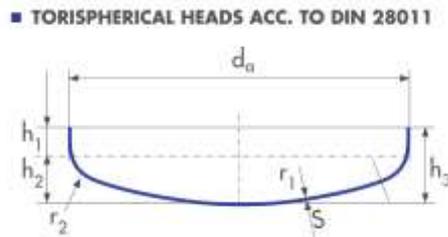
De esta manera se corrobora el volumen teórico para el prototipo experimental, esto se puede observar en la figura 13.



**Figura 13.** Dimensiones tanque interno

### 3.1.3. Base toriesférica

Según el programa de producción de Slawinski [46] y Junger [47] de acuerdo con la norma DIN 28011, mantienen las fórmulas que relacionan alturas, espesor y diámetros de la base toriesférica como se muestra en la figura 14.



**Figura 14.** Nomenclatura de base toriesférica [46].

$$r_1 = da \quad (12)$$

$$r_2 = 0.1 \cdot da \quad (13)$$

$$h_2 = 0.1935 \cdot da - 0.455 \cdot s \quad (14)$$

Ya habiendo definido el diámetro requerido para este caso se añade la base toriesférica definiendo

$$r_1 = da = 720 \text{ mm}$$

$$r_2 = 0.1 \cdot 720$$

$$r_2 = 72 \text{ mm}$$

$$h_2 = 0.1935 \cdot 720 - 0.455 \cdot 2$$

$$h_2 = 125.02 \text{ mm}$$

Ya calculado las alturas correspondientes se procede a las sumatorias de las mismas para obtener la altura total del tanque interno.

$$H_t = H + h_2 \quad (15)$$

$$H_t = 45 + 12.5$$

$$H_t = 57,5 \text{ cm}$$

$$V_t = V + V_b$$

$$V_t = 184000 + 160000$$

$$V_t = 200000 \text{ cm}^3 \approx 200 \text{ l}$$

### 3.1.4. Altura de la leche cruda dentro del tanque

Para este caso ya calculado tanto el diámetro y la altura anteriormente se realiza un despeje de la ecuación 5 más el volumen de la base toriesférica para obtener la altura de trabajo siempre que se lo utilice con un volumen mínimo de 100 litros.

$$V_D = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H + V_b$$

$$H = \frac{4 \cdot V_D}{\pi \cdot D^2}$$

$$H = \frac{4 \cdot (100000 - 16000)}{\pi \cdot 72^2}$$

$$H_{leche} = 20.63 \text{ cm}$$

Por ende, la altura libre de leche dentro del tanque se la puede realizar mediante una resta analítica entre la altura total del tanque y la altura que ocupara la leche dentro del mismo.

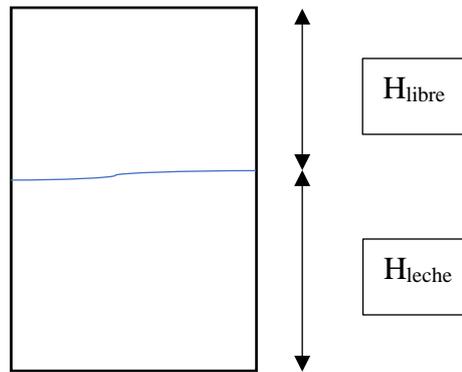
$$H_{total} = H_{leche} + H_{libre} \quad (16)$$

$$H_{libre} = H_{total} - H_{leche}$$

$$H_{libre} = 57,5 - 20,63$$

$$H_{libre} = 36.87 \text{ cm}$$

Cabe recalcar que esta altura se encontrara disponible si se utiliza como mínimo un volumen de 100 litros por cada proceso de pasteurización, las variables se pueden observar en la figura 16.



**Figura 15.** Descripción volumen ocupado

### 3.1.5. Porcentaje de volumen de leche en ocupar espacio dentro del tanque

Tomando en cuenta las cantidades reales de leche calculadas con anterioridad se aplica la ecuación 8 para obtener el porcentaje de volumen ocupado dentro del tanque.

$$\% \text{ Volumen ocupado} = \frac{V_{Mezcla}}{V_{real}} * 100$$

$$\% \text{ Volumen ocupado} = \frac{100000}{200000} * 100$$

$$\% \text{ Volumen ocupado} = 50 \%$$

### 3.1.6. Presión compuesta de trabajo

Aplicando la ecuación 3 se determina la presión que soportara el fondo del tanque solamente con leche con capacidad de diseño (100 l), tomando en cuenta que la densidad de la leche se considera 1032g/ml, la gravedad de 9.81 m/s<sup>2</sup> y la altura calculada del volumen que ocupara la leche dentro del tanque. Además, se realiza las transformaciones necesarias para las operaciones

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$\Delta P = 1032 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.2063m$$

$$\Delta P = 2662.5 Pa \approx 0.026 atm$$

El siguiente análisis se presenta en el caso de que se utilice el 200 de capacidad del tanque con una altura de 540.5 mm (este cálculo es en casos extremos de usos del tanque pasteurizador), no ejemplifica la realidad a utilizar. Además, se lo debe considerar como cálculo alternativo para validar cálculos posteriores necesarios.

$$\Delta P_2 = 1032 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.5405m$$

$$\Delta P_2 = 5471.98 Pa \approx 0.054 atm$$

### 3.1.7. Presión teórica de diseño

$$P_t = \Delta P + P_c + P_{atm}$$

$$P_t = 0.026 + 1 + 1$$

$$P_t = 2.026 atm$$

$$P_{t2} = 0.054 + 1 + 1$$

$$P_{t2} = 2.054$$

### 3.1.8. Presión de diseño

$$P_d = P_t \cdot 2$$

$$P_d = 2.026 \cdot 2$$

$$P_d = 4.052 atm \approx 59.54 psi$$

$$P_{d2} = P_t \cdot 2$$

$$P_{d2} = 2.054 \cdot 2 \approx 4.108 atm \approx 60.37 psi$$

### 3.1.9. Cálculo de espesor requerido por el tanque interno

Para el siguiente cálculo se procede mediante la ecuación 11, aplicando las transformaciones respectivas.

$$t_c = \frac{P_c \cdot R_{int}}{S \cdot E - 0.6 \cdot P_c}$$

Remplazando los valores de  $P_c$  será la  $P_{d2}$  ya encontrada anteriormente con valor de 4.108 atm, mediante las transformaciones respectivas es 415.23 KPa. En este valor encontrado fue añadido un factor de seguridad de 2 para evitar fallos.

$$t_c = \frac{415.23 \text{ kPa} \cdot 355 \text{ mm}}{210000 \text{ kPa} \cdot 0.85 - 0.6 \cdot 415.93 \text{ kPa}}$$

$$t_c = 0.5048 \text{ mm} \approx 0.83 \text{ mm}$$

Donde se considera  $P_c$  como la presión interna del cilindro,  $R_{int}$  el radio interno del cilindro,  $S$  esfuerzo del material y  $E$  como factor de soldadura (0.85).

El espesor resultante será el mínimo necesario para cumplir con el trabajo de acuerdo con las dimensiones dadas para este prototipo es de 0.83 mm en el cual ya fue incluido un factor de seguridad de 2 con anterioridad a la presión de diseño requerido. Se deben verificar en el comercio nacional para la verificación del stock. A nivel local y para facilidades de soldadura mediante el proceso TIG con varillas de aporte 308 se recomienda láminas de 2 mm.

### **3.2. Cálculo de variables para el sistema de agitación**

El equipo consiste en un recipiente cilíndrico, y un agitador mecánico, montado en un eje y accionado por un motor eléctrico en este caso un motorreductor. Las dimensiones del equipo que ya se calcularon son necesarias para el dimensionamiento del sistema completo de agitación. El fondo del tanque debe ser redondeado, con el fin de eliminar los bordes rectos o regiones en las cuales no penetrarían las corrientes del fluido. La altura del líquido es aproximadamente igual al diámetro del tanque. Sobre un eje suspendido desde la parte superior, va montado un agitador. El eje está accionado por un motor, conectado directamente [43].

Las variables necesarias para el sistema de agitación que se pueden mencionar son el diámetro del impulsor, altura desde el fondo del tanque hasta la base del impulsor, distancia entre aspas de ser necesario y el ancho de las aspas mínimo que se puede utilizar.

Mediante la siguiente ecuación se procede a calcular el diámetro del impulsor necesario para la agitación del fluido

$$D = 1.5 \cdot d \quad (17)$$

D es el diámetro del impulsor tomado de extremo a extremo de las paletas. Para el cálculo de la distancia necesaria entre el fondo del tanque y la base del impulsor plantea la siguiente ecuación que hace relación al diámetro del impulsor, con el fin de evitar ambigüedades de cálculo [43].

$$h = 0.15 \cdot d \quad (18)$$

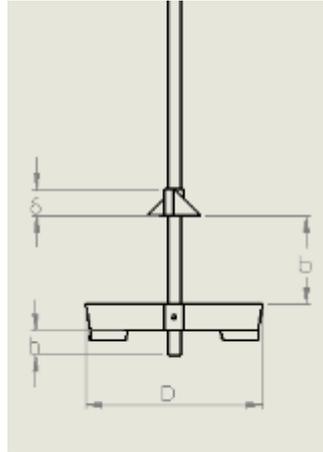
h es la altura del impulsor hasta el fondo del tanque. Para el dimensionamiento de la distancia que se debe utilizar entre cada par de aspas se procede con la siguiente ecuación que guarda relación con el diámetro del impulsor [43].

$$b = 0.5 \cdot d \quad (19)$$

b es la separación entre impulsores. Otro factor importante al momento de calcular el sistema de agitación es el ancho necesario de las aspas ya que un dimensionamiento incorrecto podría afectar a la integridad del sistema de agitación, ocasionando rupturas u otros [43].

$$\delta = 0.15 \cdot d \quad (20)$$

$\delta$  es la distancia o ancho necesario para los impulsores. Los cálculos anteriormente mencionados son relacionados al dimensionamiento del sistema de agitación. El modelo que se utilizara en el mismo es el de aspas [43]. Todas las variables anteriores se las puede observar en la figura 16.



**Figura 16.** Variables para impulsor

### 3.2.1. Cálculo diámetro del impulsor

El diámetro del impulsor necesario con relación al diámetro interno se lo calcula con la ecuación presentada que hace referencia a la distancia de extremo a extremo de las aspas, pero para este diseño se realiza la relación de 2 veces el diámetro del tanque.

$$D = 2 \cdot d$$

$$d = \frac{D}{2}$$

$$d = \frac{710}{2}$$

$$d = 355 \text{ mm}$$

Este dimensionamiento corresponde a la medida que se genera desde cada extremo del impulsor.

### 3.2.2. Cálculo de distancia desde el fondo a la base del impulsor

Para el cálculo de la distancia existente entre el fondo del tanque y la base del impulsor con relación al diámetro del impulsor ya calculado.

$$h = 0.15 \cdot d$$

$$h = 0.15 \cdot 355$$

$$h = 53.25 \text{ mm} \approx 54 \text{ mm}$$

### 3.2.3. Cálculo de distancia entre aspas

En el caso de que existan más de un par de aspas para el impulsor se las debe colorar mediante el cálculo de la ecuación, con el fin de mejorar la mezcla homogénea y que permita la correcta transferencia de calor a todo el fluido.

$$\begin{aligned}b &= 0.5 \cdot d \\b &= 0.5 \cdot 355 \\b &= 177.5 \text{ mm} \approx 178 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 3.2.4. Cálculo de ancho de aspas

Para encontrar el ancho de aspa necesario, se procede con la ecuación con el fin de tener un ancho mínimo para el trabajo.

$$\begin{aligned}\delta &= 0.15 \cdot d \\ \delta &= 0.15 \cdot 355 \\ \delta &= 53.25 \text{ mm} \approx 54 \text{ mm}\end{aligned}$$

### 3.2.5. Cálculo número de Reynolds

Es un número adimensional que caracteriza a un fluido, estos pudiendo ser fluido laminar cuando dicho valor sea menor o igual a 2300, o turbulento cuando el valor sea mayor o igual 4000. Además, estas características también dependen de la rugosidad, temperatura, velocidad y el tipo de fluido. También existen casos donde el número de Reynolds se reconoce como valor crítico cuando el valor está entre 2400 y 4000 conocido también como flujo en transición que quiere decir que el flujo está cambiando de laminar a turbulento [48].

Los datos necesarios son

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

$$Re = \frac{\frac{30}{60} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{1} \cdot 0.72^2 \cdot 1032}{2.2 \cdot 10^{-3}}$$

$$Re = 7.6 \cdot 10^5$$

De acuerdo con el resultado anterior el fluido dentro del tanque va a ser turbulento debido que el número da Reynolds es mayor a 4000.

### 3.2.6. Cálculo número de potencia

El número de potencia es un valor adimensional que tiene relación con el diámetro del impulsor, potencia y densidad. En general es proporcional al entre la fuerza de inercia y la fuerza de rozamiento por unidad de área del impulsor, se lo puede verificar mediante la figura 17 [49].

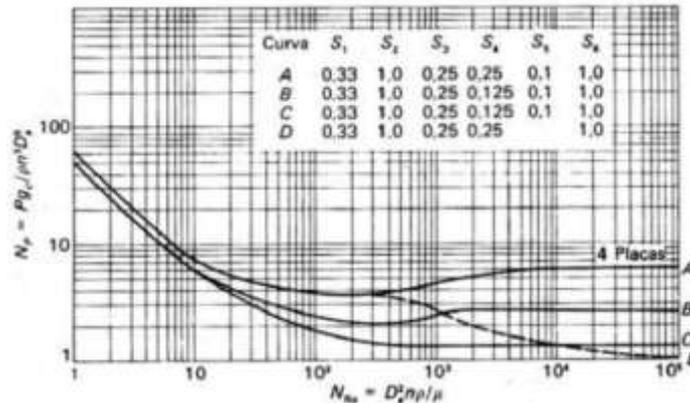


Figura 17. Número de potencia vs número de Reynolds [49]

En la figura 17 muestra diversas curvas en las cuales la curva A para palas verticales, B y C para palas estrechas y verticales y D para un tanque que no posee placas deflectoras. Además, cabe recalcar que a partir de números de Reynolds mayores a 1000000 las rectas se mantienen constantes.

$$N_p = \frac{P}{N^3 \cdot d^5 \cdot \rho} \quad (22)$$

$$N_p = 1$$

Se escoge ese número debido a que el tanque no posee deflectores. Ya determinando el valor dentro de la figura 8 se realiza un despeje de la potencia.

$$P = N_p \cdot N^3 \cdot d^5 \cdot \rho \quad (23)$$

$$P = 1 \cdot (\pi)^3 \cdot 0.355^5 \cdot 1032$$

$$P = 180.69 \text{ W} \approx 0.2423 \text{ HP}$$

### 3.2.7. Selección de motor

La eficiencia del motor eléctrico bordea el 70% aproximadamente. Además de incluir las pérdidas por fricción 35%.

$$P_{real} = \frac{0.2423 \text{ HP} \cdot 1.35}{0.7}$$

$$P_{real} = 0.48 \text{ HP}$$

Tomando en cuenta el diámetro de 0.355 del impulsor (medida tomada desde los extremos de las aspas), las pérdidas generadas por fricción y la eficiencia de los motores eléctricos se debe obtener un motor con potencia de 0.48 hp para cumplir con el trabajo deseado. Cabe recalcar que en el mercado existe motores de 1/2 HP.

### 3.2.8. Cálculo diámetro del eje para el agitador

En la tabla 11 se puede verificar las propiedades mecánicas para el dimensionamiento del eje para el agitador.

**Tabla 11.** Propiedades mecánicas ejes de acero inoxidable AISI 304 [50]

<b>Resistencia mecánica (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Punto de fluencia (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elongación % min</b>	<b>Dureza Rockwell B</b>
520	220	20	249.278

$$T = \frac{P_{ot}}{n} \quad (24)$$

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \left[ \left( k_f \frac{M_a}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left( \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (25)$$

Para un correcto dimensionamiento del eje se utiliza formulas establecidas, cabe recalcar que la ecuación 22 sufre una variación, pero da el mismo resultado que las ecuaciones propuestas por ASME [51].

$$T = \frac{P_{ot}}{n}$$

$$T_m = \frac{0.5 \text{ Hp} \cdot \text{min}}{30 \text{ rev}} * \frac{745.7 \text{ W}}{1 \text{ Hp}} * \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ W} \cdot \text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ rev}}{2 * \pi} * \frac{1 \text{ N} \cdot \text{m}}{1 \text{ J}} * \frac{1019.72 \text{ kgf}}{10000 \text{ N}}$$

$$* \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$$

$$T_{max} = 1210.22 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

De esta manera se calcula el torque medio para el sistema de agitación. Además, para este caso se considera un factor de seguridad de 2,5, no se consideran cargas por flexión y de esta manera no existirá momento en “a” quedando de esa forma la ecuación 23

$$d_{eje} = \left\{ \frac{16 \cdot \sqrt[3]{3} \cdot N_f \left( \frac{T_m}{S_y} \right)}{\pi} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (26)$$

$$d_{eje} = \left\{ \frac{16 \cdot \sqrt[3]{3} \cdot 2.5 \left( \frac{121022 \text{ N} \cdot \text{mm}}{220 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \right)}{\pi} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{eje} = 21.61 \text{ mm}$$

Para las cargas realizadas anteriormente y para el motor de 0.5 Hp se requiere un eje solido de 21.61 mm. Comercialmente existen ejes solidos de 1 plg.

### 3.2.9. Selección de chavetas de acuerdo con diámetro del eje

Se realiza la selección de la chaveta de acuerdo con la normativa UNI 6604-69-din 6885 en el manual. La relación diámetro del eje y dimensiones de chaveta se pueden observar en la figura 18 juntamente con la nomenclatura que es utilizada en la figura 20 [52].

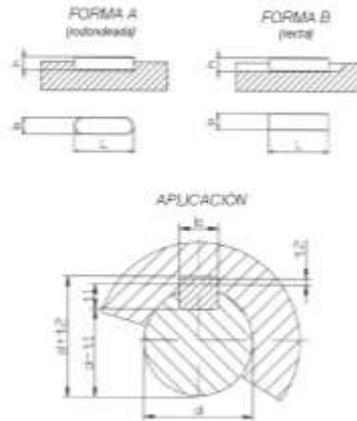


Figura 18. Nomenclatura para selección de chavetas [41]

Campo de aplicación	Chaveta				Chavetero									
	Diámetro eje d	Sección		Dim. nom. b	Largo						Profundidad			
		Dimen normal h x h	Toleran sobre		Tolerancias sobre b			Eje			Cubo			
			h <sup>h</sup>		h <sup>a</sup>	Por eje		Por cubo		t1		t2		
				H9	N9	P9	D10	J89	P9	Nom	Tol.	Nom	Tol.	
De 6 Hasta 8	2x2	0	0	2	+0,025	-0,004	-0,006	+0,060	±0,012	-0,006	1,2		1	
Más de 8 hasta 10	3x3	-0,025	-0,025	3	0	0	-0,031	+0,020	±0,012	-0,031	1,8		1,4	
Más de 10 Hasta 12	4x4	0	0	4							2,5	+0,1	1,8	+0,1
Más de 12 Hasta 17	5x5	-0,030	-0,030	5	+0,030	0	-0,012	+0,078	±0,015	-0,012	3		2,3	
Más de 17 Hasta 22	6x6			6							3,5		3,5	
Más de 22 Hasta 30	8x7	0		8	+0,036	0	-0,015	+0,098	±0,018	-0,015	5		3,3	
Más de 30 Hasta 38	10x8	-0,036		10	0	-0,036	-0,051	+0,040	±0,018	-0,051	5		3,3	
Más de 38 Hasta 44	12x8	0	-0,090	12							5		3,3	
Más de 44 Hasta 50	14x9	0		14	+0,043	0	-0,018	+0,120	±0,021	-0,018	5,5		3,8	
Más de 50 Hasta 58	16x10	-0,043		16	0	-0,043	-0,061	+0,050	±0,021	-0,061	6		4,3	
Más de 58 Hasta 66	18x11			18							7		4,4	
Más de 65 Hasta 75	20x12	0	0	20							7,5	+0,2	4,9	+0,2
Más de 75 Hasta 85	22x14	0		22	+0,052	0	-0,022	+0,149	±0,026	-0,022	9		5,4	
Más de 85 Hasta 95	25x14	-0,052	-0,110	25	0	-0,052	-0,074	+0,065	±0,026	-0,074	9		5,4	
Más de 95 Hasta 110	28x16			28							10		6,4	
Más de 110 Hasta 130	32x18			32							11			
Más de 130 Hasta 150	36x20	0		36	+0,062	0	-0,026	+0,180	±0,031	-0,026	12		8,4	
Más de 150 Hasta 170	40x22	-0,062		40	0	-0,062	-0,088	+0,080	±0,031	-0,088	13		9,4	
Más de 170 Hasta 200	45x25			45							15		10,4	
Más de 200 Hasta 230	50x28			50							17		11,4	
Más de 230 Hasta 260	56x32	0		56							20		12,4	
Más de 260 Hasta 290	63x32	0		63	+0,074	0	-0,032	+0,220	±0,037	-0,032	20	+0,3	12,4	+0,3
Más de 290 Hasta 330	70x36	-0,074		70	0	-0,074	-0,106	+0,100	±0,037	-0,106	22		14,4	
Más de 330 Hasta 380	80x40			80							25		15,4	
Más de 380 Hasta 440	90x45	0		90	+0,087	0	-0,037	+0,260	±0,043	-0,037	28		17,4	
Más de 440 hasta 500	100x50	-0,087		100		-0,087	-0,124	+0,120	±0,043	-0,124	31		19,5	

\* La tolerancia es h9 para la sección cuadrada y h11 para la rectangular.

Figura 19. Tabla de tolerancia de chavetas y chaveteros de alojamiento (mm) [41]

Luego de revisar se deduce que la chaveta recomendada con relación al diámetro es de 8 x 7 mm.

En la tabla 12 se realiza una recopilación de datos de los mecanismos necesarios para el prototipo.

**Tabla 12.** Dimensiones del prototipo

Variable	Descripción	Unidad	Datos
$P_d$	Presión de diseño	psi	61
$D_i$	Diámetro tanque interior	mm	720
$H_t$	Altura del tanque interior	mm	491.7
$V$	Volumen de diseño	l	200
$d$	Diámetro del impulsor	mm	355
$h$	Distancia desde el fondo a la base del impulsor	mm	54
$\delta$	Ancho de las aspas	mm	54
$b$	Distancia entre aspas	mm	178
	Diámetro para el eje del agitador	mm/plg	25.4 / 1
$P_{real}$	Potencia necesaria para motor	Hp	0.5
$n$	Revoluciones por minuto	rpm	30
$t_c$	Espesor de la lámina acero inoxidable 304	mm	2
-	Chaveta	mm	8 x 7

Dimensiones del prototipo, Elaborado por: Jesús Chicaiza

### 3.3. Cálculo de cargas generadas

#### 3.3.1. Carga generada por leche

Como ya se había mencionado anteriormente la densidad de la leche se procede a calcular de la siguiente manera, tomando en cuenta que la estructura debe soportar cargas extremas que para este caso se considera la capacidad total del tanque

$$Peso_{leche} = V * \rho_{leche} \quad (27)$$

$$Peso_{leche} = 200000 \text{ cm}^3 * 1.032 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$Peso_{leche} = 206.4 \text{ kgf}$$

### 3.3.2. Carga generada por la estructura

Utilizando la ecuación 5, además de la ayuda de SolidWorks se hace una diferencia entre volúmenes para sacar el volumen ocupado por las láminas de los tanques, los pesos de los tanques se los puede observar en la tabla 13.

**Tabla 13.** Pesos de estructura de los tanques incluyendo la doble camisa

Descripción	Variable	Valor
Tanque interno	kgf	17
Tanque externo	kgf	41.47
Tapa de tanque	kgf	14.13
Base toriesférica	kgf	12.67
Impulsor	kgf	4.4
Agua dentro del tanque	kgf	86.04

Pesos de estructura de los tanques incluyendo la doble camisa, Elaborado por: Jesús Chicaiza

### 3.3.3. Carga generada por la motor eléctrico y reductor

En este caso el peso aproximado de los implementos necesarios es de 25 kgf.

### 3.3.4. Cargas totales

Se suman las cargas generadas en todos los implementos para proceder a la selección de los apoyos del prototipo

$$Peso_{Total} = Peso_{leche} + Peso_{tanques} + Peso_{motor} + Peso_{agua} \quad (28)$$

$$Peso_{Total} = 181.98 + 89.67 + 25 + 86.04$$

$$Peso_{Total} = 382.69 \text{ kgf}$$

Pero también en este caso se considera un factor de seguridad para evitar eventualidades en el proceso de pruebas, de un 10% para sobredimensionar las cargas totales del peso como se mira en la ecuación anterior

$$Peso_{diseño} = Peso_{Total} \cdot 1.1 \quad (29)$$

$$Peso_{diseño} = 382.69 \cdot 1.1$$

$$Peso_{diseño} = 420.96 \text{ kgf}$$

Para obtener la fuerza de este peso se ocupa la ecuación 27

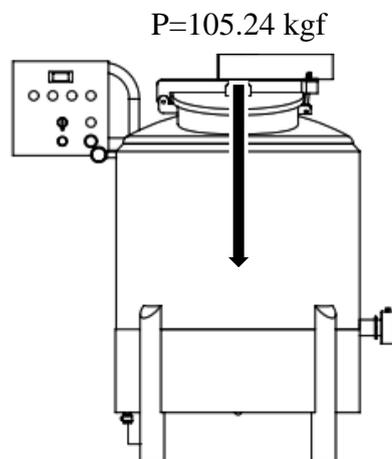
$$F = Peso_{diseño} \cdot g \quad (30)$$

$$F = 420.96 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

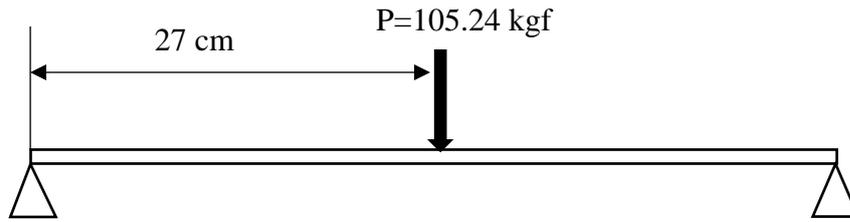
$$F = 4129.6 \text{ N}$$

### 3.3.5. Cálculo de esfuerzos para la estructura

De acuerdo con el manual American Institute of Steel Constructions [53] toda la carga, para el análisis completo se hace mediante una carga puntual dentro del sistema, donde se tiene 4 apoyos por ende la fuerza total utilizada se dividirá para el numero de apoyos existentes como se muestra en la figura 20 y figura 21.

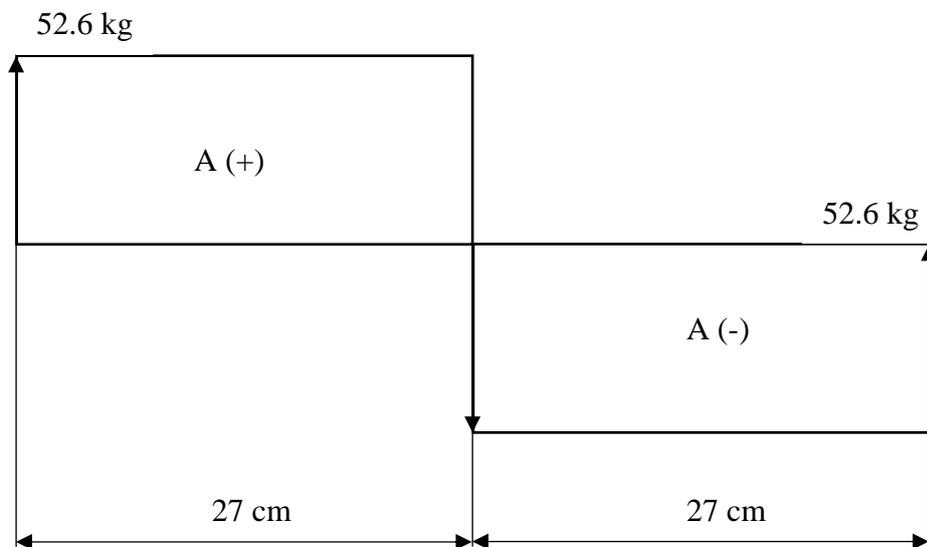


**Figura 20.** Cargas generadas



**Figura 21.** Diagrama de cuerpo libre

$P = 105.24 \text{ kgf}$  resulta de la sumatoria de los pesos de la estructura en general, peso del agua, peso de la leche y peso del motoreductor dividido entre 4. En la figura 22 se muestra el diagrama de corte correspondiente a la fuerza requerida que como resultado muestra  $R_a = 52.62 \text{ kgf}$  y  $R_b = 52.63 \text{ kgf}$



**Figura 22.** Diagrama de fuerza cortante

$$\sigma = \frac{Sy}{fs} \quad (31)$$

$$\sigma = \frac{Sy}{fs}$$

$$\sigma = \frac{2243.38}{2}$$

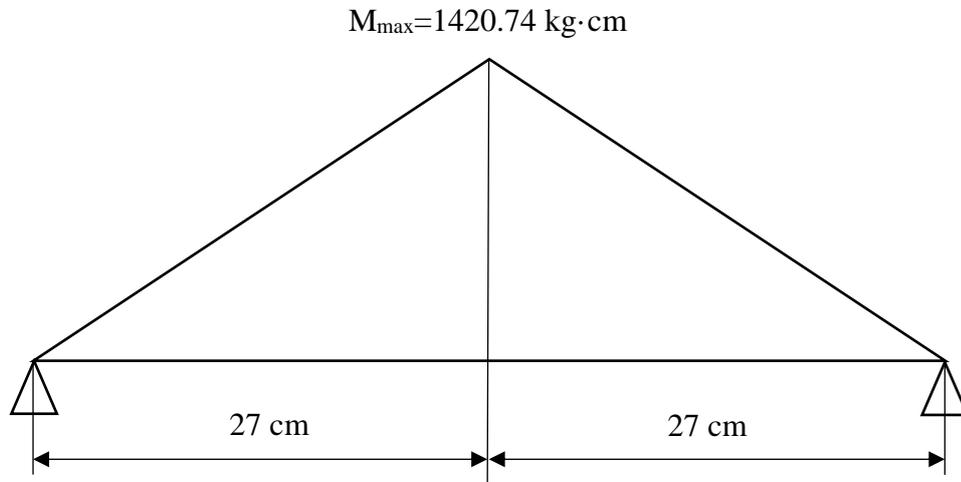
$$\sigma = 1121.69 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$A_{c1} = 1420.74 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$A_{c2} = 1420.74 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$M_{max} = 1420.74 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

En la figura 23 se hace demuestra mediante el diagrama de momentos generados en la estructura.



**Figura 23.** Diagrama de momentos

$$S_x = \frac{M_{max}}{[\sigma]} \quad (32)$$

$$S_x = \frac{1420.74 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{1121.69 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$S_x = 1.27 \text{ cm}^3$$

La posible selección y por existencia en el mercado es un tubo redondo de 2 pulgadas con espesor de 2 mm en acero A304.

### 3.4. Análisis térmico

El análisis térmico se lo puede realizar tomando en cuenta que el sistema diseñado cumple siendo un sistema cerrado, en lo cual no existe un cambio de masa dentro del sistema. El sistema requiere de energía en forma de calor que cruza las fronteras para

así poder cumplir el proceso de calentamiento ya planteado, aplicando la primera ley de la termodinámica la cual menciona que “La energía no se crea ni se destruye, sólo cambia de forma” [54].

### 3.4.1. Balance de energía

El principio de conservación de energía establece que el cambio total de la energía dentro de un proceso será siempre igual a la variación de la energía entre la energía entrante y saliente del sistema durante el proceso. Esta afirmación se la puede aplicar en cualquier tipo de proceso dependiendo del nivel de interpretación de estos [54].

$$\Delta E_{sistema} = E_{entrada} - E_{salida} \quad (33)$$

Para determinar la cantidad de energía requerida por todo el sistema para cumplir con el proceso de pasteurización lento o VAT en el cual se considera que la leche cruda con un volumen de 100 litros tendrá una temperatura aproximada de 15 °C, elevar la temperatura a 63°C y mantenerla durante 30 min, para posteriormente enfriarla.

### 3.4.2. Energía del sistema

Para conocer la energía total del sistema dentro de un proceso, se debe conocer la energía al principio y la energía al finalizar encontrando la diferencia entre las mismas como lo explica la ecuación 30 donde se define que la energía del estado final menos la energía del estado inicial es igual al incremento de la energía. Además, la mayoría de los sistemas son estacionarios donde no se existen cambios en su velocidad o alturas. Para este caso la ganancia de calor o incremento de energía de moléculas para la leche significa la pérdida de calor de otro a este se lo define como transferencia de calor [54].

Entonces definida la inexistencia de energía potencia y cinética dentro del sistema se concluye que la energía total del sistema será igual a la energía interna

$$\Delta E_{sistema} = \Delta \mu_{sistema} \quad (34)$$

La energía interna del sistema es una propiedad que depende de la masa, es decir que las magnitudes como calor o volumen dependen del tamaño del sistema. Mas claramente se consideraría como la sumatoria de todas las partes, las energías internas de cada uno. Siendo ese el cambio de la energía interna total del sistema [54].

Por ende, partiendo de esta ecuación se reconoce las distintas energías las mismas que se desglosan en nuevas ecuaciones:

$$\Delta\mu_x = m_x \cdot Cp_x \cdot \Delta t_x \quad (35)$$

Donde  $m_x$  es la masa,  $Cp_x$  es el calor específico y  $\Delta t_x$  es la variación de temperatura como la diferencia entre temperaturas final e inicial del elemento o fluido, siendo x solo referencia que puede evaluar cualquier elemento.

$$\Delta E_{Sistema} = \Delta\mu_{leche} + \Delta\mu_{recipiente} + \Delta\mu_{agua} + \Delta\mu_{tapa} + \Delta\mu_{Cha} \quad (36)$$

Los datos que se toman en cuenta se presentan en la tabla 14 en la que se describen los valores correspondientes de temperaturas con las cuales se va a trabajar para realizar los cálculos correspondientes.

**Tabla 14.** Tabla de variables para calentamiento.

<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
$T_{\infty}$	Temperatura ambiente	°C	18
$T_0$	Tempera inicial de la leche	°C	13
$T_f$	Temperatura final de la leche	°C	63
$T_i$	Temperatura de entrada del agua	°C	15
$H_t$	Altura tanque interno	mm	471.7
$D_i$	Diámetro tanque interior	mm	720
$t$	Tiempo esperado para calentamiento	s	660
$S$	Espesor de lámina utilizada	mm	2

Tabla de variables para calentamiento. Elaborado por: Jesús Chicaiza

### 3.4.3. Masas de leche para cálculo

Las variables necesarias para el cálculo correspondiente tales como masa, calores específicos, diferenciales de temperatura se muestran en la tabla 15 y tabla 16 que ya se consideran con anterioridad y se implementan los datos necesarios con el fin de agilizar los cálculos y obtener la energía necesaria para cumplir con todo el proceso de pasteurización.

Cálculo 1

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 1.032 \cdot 100000$$

$$m = 103200 \text{ g} \approx 103.2 \text{ kg}$$

Cálculo 2

$$m = 1.032 \cdot 200000$$

$$m = 206400 \text{ g} \approx 206.4 \text{ kg}$$

**Tabla 15.** Propiedades de la Leche

<b>Variable</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Volumen	100 / 200	l
Masa	103.2 / 206.4	kg
Calor específico (Cp)	3.9	KJ/kg·k
Densidad	1.032	g/cm <sup>3</sup>

Cabe recalcar que la tabla 15 muestra los valores de los volúmenes de 100 y 200 litros, siendo el primero el volumen inicial y el segundo el volumen total del tanque recipiente, se realiza los dos cálculos con el fin de realizar una comparación en la energía requerida para las dos capacidades.

**Tabla 16.** Propiedades acero inoxidable 304 recipiente

<b>Detalle</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Masa	17	kg
Densidad	8	g/cm <sup>3</sup>

Calor específico (Cp)	0.5	KJ/kg K
-----------------------	-----	---------

### 3.4.4. Cámara de agua

Para avanzar con los datos del agua que se encuentra dentro de la cámara se toma los datos provistos en las tablas del libro de Cengel [55]. Para encontrar los valores de las temperaturas obtenidas se realiza interpolación y extrapolación de datos dentro de las tablas, se lo puede observar en la tabla 17.

**Tabla 17.** Propiedades agua dentro de la cámara [55]

Detalle	Valor	Unidad
Temperatura	127	°C
Calor específico (Cp)	4.2524	KJ/kg K
Volumen específico	0.729304	m <sup>3</sup> /kg
Entalpia	2715.9	KJ/kg

$$\rho = \frac{1}{v} \quad (37)$$

$$\rho = \frac{1}{0.729304 \text{ m}^3/\text{kg}}$$

$$\rho = 1.3712 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

La densidad es proporcional a la temperatura se establece que para el vapor de agua saturado la densidad corresponde a 1.3712 m<sup>3</sup>/kg. Conociendo el dato de la densidad del vapor de agua saturado, juntamente con la cantidad de 0.08604 m<sup>3</sup> de agua que existe dentro de la cámara de vapor, se procede a calcular la cantidad en masa de vapor de agua saturado.

$$m = \rho \cdot v$$

$$m = 1.3712 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.08604 \text{ m}^3$$

$$m = 0.11798 \text{ kg} \approx 0.12 \text{ kg}$$

### 3.4.5. Tanque externo y tapa

Como se muestra en la tabla 12 los valores de masa del tanque externo y tapa manhol es de 41.47 kg y 14.13 Kg respectivamente, los mismos que son construidos con acero inoxidable AISI 304.

### 3.4.6. Cálculo variación de la energía presente en el proceso de pasteurización

Para realizar los cálculos correspondientes se debe realizar arreglos matemáticos, conversiones de unidades y tener en cuenta que la variación de temperatura esta entre los 13 °C hasta los 63 °C e interpretar los datos correctamente. Ya habiendo despejado la ecuación 36 y ecuación 37.

$$\Delta E_{Sistema} = (m \cdot Cp \cdot \Delta t)_{leche} + (m \cdot Cp \cdot \Delta t)_{recipiente} + (m \cdot Cp \cdot \Delta t)_{agua} + (m \cdot Cp \cdot \Delta t)_{tanque\ externo} + (m \cdot Cp \cdot \Delta t)_{tapa} \quad (38)$$

Para una masa de 103.2 kg de leche

$$\begin{aligned} \Delta E_{Sistema} &= \left[ \left( 103.2 \text{ kg} \cdot 3.9 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) + \left( 17 \text{ kg} \cdot 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) \right. \\ &\quad + \left( 0.12 \text{ kg} \cdot 4.2524 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) + \left( 41.47 \text{ kg} \cdot 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) \\ &\quad \left. + \left( 14.13 \text{ kg} \cdot 0.5 \frac{\text{KJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) \right] \cdot [(63 + 273) - (13 + 273)]\text{K} \\ \Delta E_{Sistema} &= \left[ \left( 402.48 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right) + \left( 8.5 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right) + \left( 0.51 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right) + \left( 20.74 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right) + \left( 7.07 \frac{\text{KJ}}{\text{K}} \right) \right] \\ &\quad \cdot [50 \text{ K}] \\ \Delta E_{Sistema} &= 21965 \text{ KJ} \\ \Delta E_{Sistema} &= 21965 \text{ KJ} \cdot \frac{1 \text{ KW} \cdot h}{3600 \text{ KJ}} \\ \Delta E_{Sistema} &= 6.1 \text{ KW} \cdot h \end{aligned}$$

Mientras que para una masa de 206.4 kg de leche tenemos el siguiente valor.

$$\Delta E_{Sistema\ 2} = 11.69 \text{ KW} \cdot h$$

La energía demandada cuando se utilice el prototipo a su capacidad total casi duplicara la energía obteniendo valores de 11.69 KW·h, mientras que cuando se plantee utilizar la capacidad de 100 litros la energía mínima necesaria para poder cumplir con el proceso completo es 6.1 KW·h. Además de esta variación de energía se debe considerar que existen perdidas de calor en todo el proceso por las mismas paredes del tanque y la tapa.

### 3.4.7. Calor por convección natural

Este tipo de transferencia de calor hace referencia al cambio de energía entre una pared y un fluido o un gas adyacente. Se debe reconocer que la transferencia de calor por convección natural no depende de ningún elemento externo, mientras que la transferencia de calor por convección forzada depende de agentes externos tales como ventiladores, bombas entre otros [56, 57].

Mediante las tablas y fórmulas suministradas [56] se realiza los cálculos correspondientes para la transferencia de calor por convección.

$$T_f = \frac{T_s - T_\infty}{2} \quad (39)$$

Donde  $T_s$  es la temperatura final,  $T_\infty$  es la temperatura de inicio y  $T_f$  es la temperatura de la película. Para este caso la transferencia de calor se da entre la superficie del prototipo y el gas aire, se consulta las tablas correspondientes para verificar los datos a partir del cálculo de  $T_f$ .

$$T_f = \frac{63 - 13}{2}$$

$$T_f = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

En la tabla 17 se presenta las propiedades del aire a la temperatura  $T_f$ .

**Tabla 18.** Propiedades del aire [56]

<b>Temperatura</b>	<b>k (conductividad térmica)</b>	<b>Pr (Numero de Prandtl)</b>	<b>V (viscosidad cinemática)</b>
25 �C	0.02551 W/m �C	0.7296	$1.562 \cdot 10^{-5}$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (40)$$

Donde  $\beta$  es el coeficiente de expansión volumétrica donde la temperatura debe estar en grados kelvin.

$$\beta = 0.00336 \text{ K}^{-1}$$

Para Continuar con los cálculos es necesario encontrar el número de Rayleigh (Ra) y el número de Grashof (Gr) los cuales se los calcula de la siguiente forma.

$$Ra = Gr \cdot Pr \quad (41)$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_\infty) \cdot Lc^3}{\nu^2} \quad (42)$$

$$Ra = \frac{9.81 \cdot 0.00336 \cdot ((63 + 273) - (18 + 273)) \cdot 0.544^3}{(1.562 \cdot 10^{-5})^2} \cdot 0.7296$$
$$Ra = 754.08 \cdot 10^6$$

Existe la siguiente consideración en donde menciona que este tubo se lo puede considerar como una pared vertical si su diámetro es mayor a la siguiente expresión.

$$D \geq \frac{35 \cdot Lc}{Gr^{\frac{1}{4}}} \quad (43)$$

$$D \geq \frac{35 \cdot 0.544}{\left(\frac{754.08 \cdot 10^6}{0.7296}\right)^{\frac{1}{4}}}$$
$$0.79 \text{ m} \geq 0.1 \text{ m}$$

De acuerdo con esto si cumple la condición por ende se procede con la ecuación de Nusselt promedio y así de esta manera encontrar el valor de transferencia de calor por convección natural.

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387 \cdot Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[ 1 + \left( \frac{0.492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right\}^2 \quad (44)$$

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{11.6756}{1.19} \right\}^2$$

$$Nu = 113.04$$

Ya para el cálculo del calor por convección se procede con las siguientes ecuaciones.

$$h = \frac{k}{L} \cdot Nu \quad (45)$$

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (46)$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \quad (47)$$

Donde  $A_s$  es el área superficial en contacto,  $T_s$  es la temperatura de la superficie y  $T_{\infty}$  es la temperatura del fluido en este caso el aire.

$$h = \frac{0.02551 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}}{0.544 m} \cdot 113.04$$

$$h = 5.3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$Q_{conv} = 5.3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.79 m \cdot 0.544 m \cdot ((63 + 273) - (18 + 273)) K$$

$$Q_{conv} = 639.28 W \approx 0.639 KW$$

### 3.4.8. Calor por radiación

El calor por radiación es aquella energía que es emitida en forma de ondas electromagnéticas que viajan, se puede transferir al vacío perfecto y no sufre atenuación, es decir no necesita un medio interventor. Para poder calcularlo se procede mediante las siguientes ecuaciones donde  $\varepsilon$  es el valor de emisividad del acero inoxidable 304 (0.17),  $A_s$  es el área superficial en contacto,  $\sigma$  es la Constante de Stefan-

Boltzmann [ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$ ],  $T_s^4$  es la temperatura de la superficie y  $T_\infty^4$  es la temperatura de los alrededores [56, 58].

$$c = \varepsilon \cdot A_s \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (48)$$

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot A_s \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_\infty^4) \quad (49)$$

$$Q_{rad} = 0.17 \cdot 2.7 \text{ m}^2 \cdot \left( 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right) \cdot [(336)^4 - (291)^4] \text{ K}^4$$

$$Q_{rad} = 2.6 \cdot 10^{-8} \cdot (5.57 \cdot 10^9)$$

$$Q_{rad} = 145.08 \text{ W}$$

### 3.4.9. Pérdida total de calor

Ya encontrados los calores por conducción y por radiación se realiza la suma respectiva de estos calores y así se encuentra la perdida de calor desde el prototipo hacia el ambiente. Por ende, el calor de salida será el mismo que la energía que sale del sistema y al realizar transformaciones se logra obtener el resultado en KW·h.

$$Q_{Tot} = Q_{rad} + Q_{conv} \quad (50)$$

$$E_{salida} = Q_{Tot} \quad (51)$$

$$Q_{Tot} = 145.08 \text{ W} + 639.28 \text{ W}$$

$$Q_{Tot} = 784.36 \text{ W} \approx 0.784 \text{ KW}$$

$$E_{salida} = 784.36 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 600 \text{ s}$$

$$E_{salida} = 470.62 \text{ KJ} \cdot \frac{1 \text{ KW} \cdot \text{h}}{3600 \text{ KJ}}$$

$$E_{salida} = 0.13 \text{ KW} \cdot \text{h}$$

### 3.4.10. Cálculo de energía total requerida en el proceso de pasteurización

Para calcular la energía que requerimos para que todo el sistema cumpla con las expectativas dentro de todo el proceso se realizara el cálculo de la energía que se

requiere que ingrese al sistema (en este caso la energía requerida para calentar el prototipo de pasteurizadora) pendiente un despeje de la ecuación 35.

$$E_{entrada} = \Delta E_{sistema} + E_{salida}$$

La energía necesaria para pasteurizar 100 litros de leche.

$$E_{entrada} = (6.1 + 0.13) \text{ KW} \cdot h$$

$$E_{entrada} = 6.23 \text{ KW} \cdot h$$

La energía necesaria para pasteurizar 200 litros de leche.

$$E_{entrada} = (11.69 + 0.13) \text{ KW} \cdot h$$

$$E_{entrada} = 11.82 \text{ KW} \cdot h$$

Al verificar la cantidad de energía que se requiere en los dos casos como es el de 100 y 200 litros es de 6.23 KW·h y 11.82 KW·h respectivamente, de esta manera se puede evidenciar el cambio de energía que se puede requerir. Además, con el diseño de este prototipo se tiene la posibilidad de no solo trabajar con una sola capacidad ya que se cumple la mínima requerida para cumplir con la capacidad de 200 litros hora para pasteurizar, sino también la posibilidad de aumentar la producción a medida que la empresa crezca a lo largo de los años para realizar un trabajo rápido y eficaz, evitando realizar nuevas inversiones. Es decir, con el diseño de este prototipo se asegura una sola inversión que cumple con las expectativas propuestas.

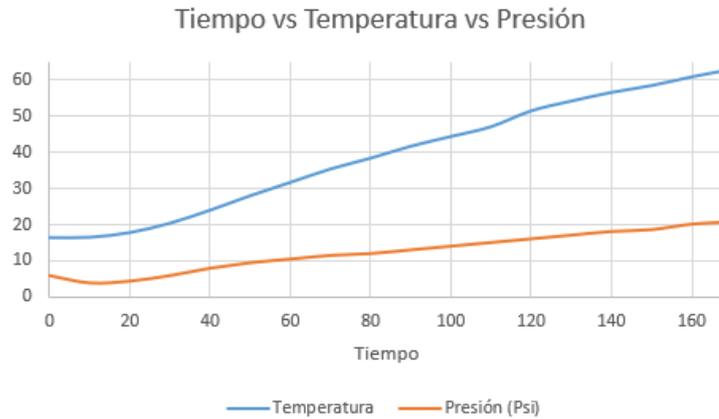
### **3.5. Pruebas realizadas al equipo**

Luego de verificar los volúmenes dentro de la pasteurizadora se muestra que la base toriesférica incluida la tubería de desfogue acumula un volumen de 16 litros hasta la línea de suelda, añadiendo que el volumen mínimo que la maquina puede pasteurizar es de 20 litros teniendo una agitación moderada. El volumen máximo probado es de 211 litros.

El equipo funciona con 220 voltios y consume un estimado de 2 A de corriente. El consumo eléctrico más notable dentro del sistema es el motoreductor. Además, tiene dos modalidades de funcionamiento: el primero en modo manual enciende el sistema de agitación, mientras que el segundo modo es completamente automático. En el cual primero enciende el módulo electrónico, este con la ayuda de la termocupla mide la temperatura de la leche y arranca abriendo la electroválvula para el paso del agua y encendiendo el chispero durante 5 segundos hasta asegurar que encienda la flama. Un aspecto importante que se debe considerar es que el sistema se apaga automáticamente al llegar a la temperatura de 62.5 °C con una histéresis de 5 °C.

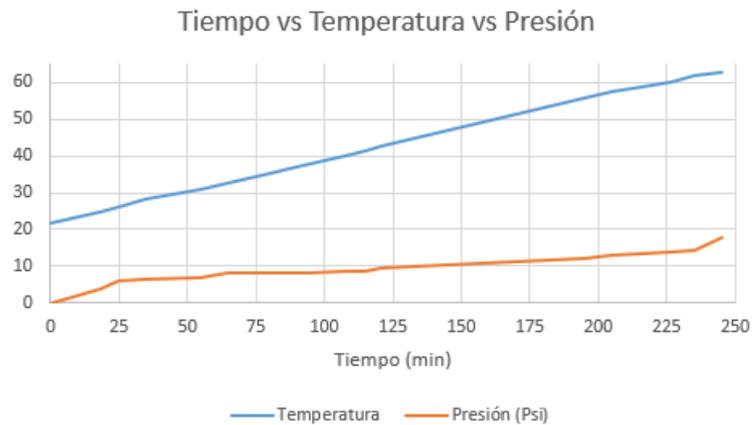
Las pruebas de funcionamiento se realizan utilizando volúmenes de 50, 146 y 211 litros. Se regula el caudal de gas necesario mediante la válvula de paso manual dentro de la cámara de combustión, tiempos de acción de chispero para encendido automático de la flama, inspección visual de funcionamiento del sistema de agitación, funcionamiento correcto de electroválvula e implementos electrónicos.

El arranque de la máquina considerando el ingreso del agua a la camisa con una temperatura de 16°C, demorará el proceso de pasteurización ya que la flama tendrá que elevar la temperatura de la leche cruda y del agua dentro de la camisa, este proceso toma horas en completarse. La primera prueba realizada con un volumen de 50 litros tomando en cuenta las temperaturas del agua y de la leche en 16 °C y 18°C respectivamente muestra elevaciones de temperatura constantes, esta prueba dura aproximadamente 2 horas con 48 minutos. En la figura 24 se muestra las líneas de tendencia experimentado por las variables tiempo, presión y temperatura. La presión máxima registrada al finalizar el proceso es de 20.5 Psi.



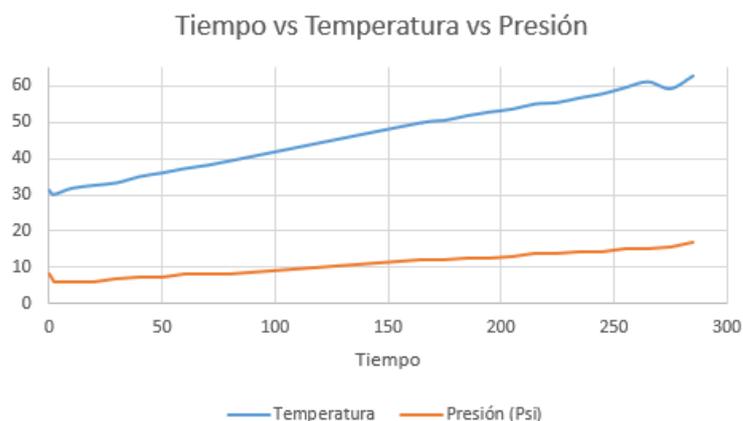
**Figura 24.** Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 50 litros

La prueba realizada con un volumen de 100 litros con el agua dentro de la camisa a una temperatura de 15 °C y la leche a una temperatura de 21 °C, esta prueba dura aproximadamente 4 horas hasta realizar los ajustes necesarios de flama y consumo de gas. La figura 25 muestra las líneas de tendencias que existe entre temperatura, presión y tiempo. La presión máxima registrada cuando finaliza el proceso es de 18 Psi.



**Figura 25.** Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 146 litros

La prueba realizada con un volumen de 211 litros, el agua dentro de la camisa tiene una temperatura de inicio 20, mientras que la leche mantiene una temperatura de 31 °C, con la capacidad al máximo la prueba inicial con los respectivos ajustes a la flama y flujo de gas hasta el quemador dura aproximadamente 4 horas con 45 minutos desde el punto de arranque considerando que el calentamiento se da al volumen del agua más la leche del tanque interior. Las líneas de tendencia se muestran en la figura 26.



**Figura 26.** Tendencia temperatura vs presión vs tiempo para 211 litros

La tabla 19 muestra el resumen general de las partes más importantes, además del modo de funcionamiento y los ajustes finales realizados a la pasteurizadora.

**Tabla 19.** Datos experimentales

Ítem	Observaciones
Electroválvula	Permite el paso del gas hasta el quemador, es accionado mediante el módulo de control.
Motoreductor	Tiene 30 rpm, su encendido se da en modo manual por accionamiento y modo automático mediante el módulo de control.
Chispero	Realiza un arranque durante 5 segundos hasta que encienda la flama dentro de la cámara de combustión.
Termocupla	Se configuro de tal manera que al legar a los 62.5 °C se apague automáticamente la flama (corte el paso de gas) y el motoreductor.
Válvula de alivio	Se acciona en el caso que la presión dentro de la camisa supere los 35 Psi
Timer	Existen dos timers dentro del tablero de control uno controla el chispero (duración 5 segundos de encendido) y el segundo se accionará al cabo de 30 minutos de haber

---

llegado a la temperatura 62.5 °C apagando el sistema  
completamente.

---

Datos experimentales elaborado por: Jesús Chicaiza

Luego de realizar las pruebas de la pasteurizadora se envía una muestra de 500 ml de leche ya pasteurizada al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana que se ubica en el Cantón Cayambe para el análisis de aerobios totales, conteo de bacterias E.coli y coliformes totales. Los resultados cumplen con la norma INEN 10:2012 establecida para el control de leche, los resultados obtenidos son aerobios totales 5000 UFC/ml, bacterias E.coli <1 UFC/ml y coliformes totales <1 UFC/ml. Por lo tanto, la maquina pasteurizadora cumple con la función de pasteurizar la leche utilizando la pasteurización VAT.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE COSTOS

En este capítulo se realiza un análisis de costos generados por la implementación y construcción del prototipo a lo largo de todo el estudio. Además, se realiza un análisis del periodo de recuperación que se pueda dar mediante la implementación del prototipo en el proceso de pasteurización de leche cruda y al finalizar un breve análisis de la rentabilidad que se pueda obtener a lo largo de los años.

#### 4.1. Materiales para la construcción

En la tabla 18, tabla 19 y tabla 20 se hace mención en los materiales utilizados en este prototipo desde lo mecánico hasta lo eléctrico para que el prototipo cumpla con las expectativas planteadas.

#### 4.2. Costos generados

Para poder definir todos los costos presentes en el proceso de fabricación del prototipo se debe conocer a que corresponde cada uno de ellos y diferenciar la utilidad en los cálculos posteriores y no incurrir en problemas de análisis. Hay que recalcar que los materiales presentados en las tablas anteriores no muestran trabajos de ensamblaje y mejora de prototipo en el transcurso de la producción

##### 4.2.1. Costos indirectos

Son considerados costos de fabricación, es decir todos aquellos costos que intervienen dentro de todo el proceso de fabricación de un bien o servicio, en la transformación de la materia prima a un producto final [59]. Siendo el caso por ejemplo costos por asesoría, costos de materiales indirectos, etc. Todos los gastos generados se pueden observar en la tabla 20.

**Tabla 20.** Costos indirectos

Cantidad	Descripción	Costo total
25	Discos de corte	70

2	Material de aporte	65
4	Gratas circulares	100
1	Ferrul	25
2	Argón 6 m	340
4	Discos flap	28
		628

Detalle de costos indirectos, Elaborado por Jesús Chicaiza

Se utiliza un total de 25 discos de corte de 1 mm de espesor, este disco es ideal para el corte en materiales de acero inoxidable AISI 304, dentro del proceso de fabricación de la pasteurizadora se los utiliza para cortes de las todas las piezas para el ensamble. Además de las correcciones y modificaciones del prototipo. Las gratas circulares fueron utilizadas para el pulido de los cordones de suelda de todas las piezas en el ensamble.

#### 4.2.2. Costos directos

Son costos que se los pueden llegar a identificar completamente en un área, sección o actividad. Tales como mano de obra directa, materiales directos [60], los valores se los puede observar en la tabla 21 y tabla 22.

**Tabla 21.** Costos directos de material

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo total</b>
2	Plancha inox A304 de 2 mm	450
1	Tubo 2 plg inox	22
4	Tubos de 3 plg	45
1	Soporte caja motorreductor	25
1	Refuerzo camisas	45
1	Soporte caja control	21

1	Base quemador GLP	23
1	Tapa externa	35
1	Eje mecanizado	55
1	Tubería para quemador	42
1	Protección quemador GLP	32
1	Caja de control 30 x 30	38
		833

Detalle de costos directos de material, Elaborado por Jesús Chicaiza

**Tabla 22.** Costos directos extras

Cantidad	Descripción	Costo total
1	Contactador 25 amp	35
1	Relé térmico de 9-13	28
1	Contactador de 18 amp	30
1	Breaker de 32 amp-2p	18
1	Breaker de 6 amp-1p	7
1	Timer análogo 220V de 0-20s	25
1	Base para timer	7
4	Luces verdes de 220 V	12
1	Luz azul de 220	3
1	Luz roja de 220	3
1	Selector de 2 posiciones	8
1	Timer análogo 220 V de 0-30m	26

1	Paro de emergencia tipo hongo	18
1	Base para timer	7
1	Controlador digital de alta temperatura	165
1	Termocupla	15
1	Kit de chispero de encendido electrónico	20
1	Modulo electrónico de encendido 1.5 V	35
1	Neplo para base de sonda de temperatura	18
1	Kit de neplos	32
1	Kit de pernos	9
1	Caucho	6
1	Codo	12
1	Mano de obra general	780
1	Mecanizado	150
1	Barolado	120
1	Motorreductor 1/2 hp	430

2019

Detalle de costos directos de accesorios, Elaborado por Jesús Chicaiza

#### 4.2.3. Costos totales del equipo

De acuerdo con los costos directos e indirectos de fabricación generados anteriormente se puede observar la tabla 23 que muestra el resumen de gastos totales realizados para el proceso de fabricación.

**Tabla 23.** Costos totales generados

Detalle	Valor total
Costos indirectos	628

Costos directos de material	833
Costos directos de accesorios	2019
	3840

Detalle de costos totales generados, elaborado por Jesús Chicaiza.

Además del costo de fabricación se considera un valor adicional para el arranque del proyecto dentro de las instalaciones, este valor se estima alrededor de 1000 dólares adicionales

#### 4.2.4. Costos variables

Los costos variables son los costos que cambian de acuerdo con volumen de producción, es decir varían de acuerdo con volumen de producto procesado, aunque al nivel unitario se mantenga constante [59, 60]

#### 4.2.5. Costos fijos

Se considera costos fijos todos aquellos costos que se mantienen constantes dentro de todo el proceso de producción, estos costos no dependerían del volumen de producción [61].

### 4.3. Valor actual neto

También es conocido como valor presente neto (VPN). Es el valor que se registra por la diferencia existen entre los ingresos dentro de un periodo de tiempo y los egresos en el mismo periodo. Así mismo el cálculo de este valor nos puede ayudar a tomar decisiones con respecto a si las inversiones son las más viable o prácticamente qué inversión puede ser la más adecuada o generan más ganancias. Entonces si el VAN es cero el proyecto en cuestión no es rentable, si es igual a cero el proyecto en cuestión es rentable sin ganancias ni pérdidas, y si el VAN es mayor a cero el proyecto es rentable obteniendo ganancias, se puede calcular mediante la ecuación 54 [62].

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (52)$$

Dentro de la ecuación 54 muestra  $I_0$  que es la inversión inicial realizada,  $F_t$  que son los flujos futuros de caja generados,  $r$  es la tasa de retorno del proyecto y  $t$  tiempo utilizado para el proyecto.

#### **4.4. Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de rendimiento o interés que genera una empresa o proyecto, es decir para este caso ocasiona que el VAN sea igual a cero. Entonces si el resultante es menor a la tasa de interés utilizada muestra que el proyecto no es rentable y debe ser rechazado, si es mayor a la tasa de interés el proyecto es rentable y si es igual a la tasa de interés el proyecto es rentable dependiendo del análisis [63].

#### 4.5. Flujo de caja

Flujo de caja global							
Detalle	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6
<b>Inversión</b>	\$ 3,840.00						
<b>Ingresos de caja</b>		\$ 12,000.00	\$ 13,200.00	\$ 14,520.00	\$ 15,972.00	\$ 17,569.20	\$ 19,326.12
<b>Venta queso fresco</b>		\$ 12,000.00	\$ 13,200.00	\$ 14,520.00	\$ 15,972.00	\$ 17,569.20	\$ 19,326.12
Cantidad		6000	6600	7260	7986	8785	9663
Precio		\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00	\$ 2.00
<b>Egresos de caja</b>		\$ 8,823.00	\$ 9,209.40	\$ 9,634.44	\$ 10,101.98	\$ 10,616.28	\$ 11,182.01
Compras		\$ 1,500.00	\$ 1,650.00	\$ 1,815.00	\$ 1,996.50	\$ 2,196.15	\$ 2,415.77
Transporte		\$ 960.00	\$ 1,056.00	\$ 1,161.60	\$ 1,277.76	\$ 1,405.54	\$ 1,546.09
<b>Eventualidades</b>		\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 240.00	\$ 240.00
<b>Costos fijos</b>		\$ 6,363.00	\$ 6,503.40	\$ 6,657.84	\$ 6,827.72	\$ 7,014.60	\$ 7,220.16
Luz		\$ 180.00	\$ 198.00	\$ 217.80	\$ 239.58	\$ 263.54	\$ 289.89
Agua		\$ 84.00	\$ 92.40	\$ 101.64	\$ 111.80	\$ 122.98	\$ 135.28
GLP		\$ 1,080.00	\$ 1,188.00	\$ 1,306.80	\$ 1,437.48	\$ 1,581.23	\$ 1,739.35
Repuestos		\$ 60.00	\$ 66.00	\$ 72.60	\$ 79.86	\$ 87.85	\$ 96.63
Sueldo personal		\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00	\$ 4,800.00
<b>Depreciación</b>		\$ 159.00	\$ 159.00	\$ 159.00	\$ 159.00	\$ 159.00	\$ 159.00
<b>Flujo anual</b>	\$ -3,840.00	\$ 3,177.00	\$ 3,990.60	\$ 4,885.56	\$ 5,870.02	\$ 6,952.92	\$ 8,144.11
<b>Flujo acumulado</b>	\$ -3,840.00	\$ -663.00	\$ 3,327.60	\$ 8,213.16	\$ 14,083.18	\$ 21,036.09	\$ 29,180.20

Figura 27. Flujo de caja del proyecto.

Dentro de la figura 27 se observa los valores económicos presentes dentro del proyecto como ingresos egresos y los flujos de cada año de funcionamiento del proyecto, en este análisis permite determinar que el proyecto es sustentable.

#### 4.6. Tasa mínima de rendimiento

$$TMAR = i + f \cdot i \cdot f \quad (53)$$

Dentro de la ecuación 54  $i$  es igual al riesgo de inversión que existe al momento de la fabricación del prototipo que en este caso es del 5% y  $f$  es la inflación anual presente en el país el cual ronda el 0.23%, considerando los datos anteriores se procede a calcular.

$$TMAR = 5,26\%$$

#### 4.7. VAN, TIR Y PB

AÑO	INVERSIÓN INICIAL	INGRESOS	EGRESOS	FLUJO EFECTIVO	FLUJO ACUMULADO
0	\$3,840.00			\$-3,840.00	\$ -3,840.00
1		\$ 12,000.00	\$ 8,823.00	\$ 3,177.00	\$ -663.00
2		\$ 13,200.00	\$ 9,209.40	\$ 3,990.60	\$ 3,327.60
3		\$ 14,520.00	\$ 9,634.44	\$ 4,885.56	\$ 8,213.16
4		\$ 15,972.00	\$10,101.98	\$ 5,870.02	\$ 14,083.18
5		\$ 17,569.20	\$10,616.28	\$ 6,952.92	\$ 21,036.09
6		\$ 19,326.12	\$11,182.01	\$ 8,144.11	\$ 29,180.20

<b>VAN</b>	\$21,975.67
<b>TIR</b>	102%
<b>PB (años)</b>	1.2

Figura 28. Análisis de costos.

En la figura 28 se observa de manera resumida los valores analizados dentro de la figura 27 y demuestra que el proyecto es sustentable.

El VAN demuestra que es mayor a cero (21975.67) por ende el proyecto es sustentable generando ganancias. Además, el cálculo del TIR demuestra un valor del 102%, siendo mayor al calculado en  $TMAR=5,26\%$ , afirmando que el proyecto es viable. También se calcula el periodo de recuperación en años (Payback) que es resultante en 1,2 años, cabe recalcar que para este análisis se toma en cuenta una cantidad de pasteurizado de mínimo 100 litros por día.

## CONCLUSIONES

- En la parroquia Juan Montalvo dentro de la comunidad “La Josefina”, la Asociación de Productores La Josefina tiene al menos 10 pequeños productores, los mismos que se encargan de la buena higiene, tomas de muestras para análisis, además del respectivo transporte para la entrega de la leche al centro de acopio para posterior entrega a la fábrica, siendo este un proceso óptimo.
- Se diseña una marmita fija con 4 soportes circulares, tubería de desfogue de dos pulgadas, un protector tipo compuerta, un tablero móvil de control automatizado que garantiza un proceso de pasteurizado estable con apagado automático, un impulsor doble con diámetro 355 mm con separación de 179 mm entre aspas que giran a 30 Rpm. Además, salidas y entradas para el agua.
- Luego de las pruebas realizadas al tanque pasteurizador se obtiene leche pasteurizada y tras ser analizada cumple con las normas establecidas dentro de los requisitos INEN 10:2012 obteniendo aerobios totales 5000 UFC/ml, bacterias E.coli <1 UFC/ml y coliformes totales <1 UFC/ml.
- Para la construcción del tanque se requiere de una inversión inicial de 3840 dólares. Esta inversión se la recupera dentro del primer año y dos meses siempre que se logre pasteurizar mínimo una cantidad de 100 litros diarios.

## RECOMENDACIONES

- Aprovechar el asesoramiento y adaptarse a las necesidades dentro del campo laboral para obtener un equipo con buenas prestaciones mecánicas.
- Tener cerrada la tapa Manhole para evitar pérdidas de calor hacia el ambiente y mejorar el proceso de pasteurización, además de evitar el funcionamiento de la maquina en lugares abiertos con presencia de vientos, pero evitando lugares muy cerrados utilizando espacios ventilados para preservar la salud y la vida debido a las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Ser recomienda realizar mantenimientos de acuerdo con la tabla suministrada leyendo el manual de usuario para un funcionamiento óptimo.
- Para futuros proyectos se recomienda analizar capacidades mayores para evitar cuellos de botella, además de analizar otras alternativas más eficientes.

## REFERENCIAS

- [1] J. Aguilar, Métodos de conservación de alimentos, México: Red tercer milenio, 2012.
- [2] A. Revilla, Tecnología de la leche, Tercera ed., San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura, 1996.
- [3] J. León, Diseño y cálculo de recipientes sujetos a presión, Primera ed., Inglesa, 2001.
- [4] C. Villajuana, Costos y presupuestos paso a paso, Tacna, Peru: Neumann Business School S.A.C., 2013.
- [5] M. Pinilla, «Dar sentido a las posibilidades: síntesis y prototipo en diseño,» *Inconofacto*, vol. 10, n° 15, pp. 24-25, 2014.
- [6] J. Chambergo, Q. Valverde, A. Pachas y H. Yépez, «Estudio del Comportamiento Fluido-Dinámico de un Agitador a Escala Reducida Mediante Simulación Numérica,» *Scielo*, vol. 28, n° 3, pp. 37-26, 2017.
- [7] H. Young y R. Freedman, Física Universitaria, México: Pearson educación, 2009.
- [8] A. Gallo, «A Refresher on Payback Method,» *Harvard Business Review Home*, 2016.
- [9] Servicio Ecuatoriano de Normalización, «SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/>. [Último acceso: 24 08 2020].
- [10] D. F. Tirado, B. Yacub, C. J.V, L. Murillo, L. R.F, F. M.Y, E. B.M y A. D, «Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño,» *Scielo*, n° 21, pp. 36-41, 2017.
- [11] J. Picho, «Leche pasteurizada,» vol. 1, pp. 1-7, 2017.
- [12] O. David, M. Bedoya, L. D. Cassoli, M. Olivera, M. Fernando y C. Muñoz, «Caracterización de sistemas de producción lechera de Antioquia con sistemas de ordeño mecánico,» 2018.
- [13] Superintendencia de Control del Poder del Mercado, «Versión Pública Tema: Informe del sector lácteo en Ecuador,» *Versión Pública*, p. 24, 2015.

- [14] T. Ximena, «Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el período 2009-2015,» *Universidad Andina Simón Bolívar*, p. 116, 2018.
- [15] S. Tutillo, Interviewee, *Licenciada*. [Entrevista]. 27 07 2020.
- [16] M. d. C. Pazuelos, «Alteración microbiana en leche y productos lácteos,» *Instituto Tecnológico de los Mochis*, p. 7, 2016.
- [17] Agrocalidad, «Instructivo para la "Toma de Muestreo de Leche Cruda",» 2018.
- [18] MAGAP, «Resolucion Leche Cruda,» p. 110, 2012.
- [19] J. Arzuaga, J. Fonseca, C. Fontalvo y D. Perozo, «Análisis sensorial y fisicoquímico de la leche y de subproductos lácteos,» *Programa de Ingeniería Agroindustrial*, vol. 1, 2015.
- [20] INEN, «Leche Cruda. Requisitos.,» vol. 9, pp. 1-5, 2014.
- [21] B. Bonet, J. Dalmau, I. Gil, P. Gil, M. Juárez, P. Matía y R. Ortega, *Libro Blanco De Los Lácteos*, 2014.
- [22] M. Truth, «Milk Truth,» 2015. [En línea]. Available: <http://milktruth.com/milk-facts/raw-milk-pasteurization/>.
- [23] U. D. o. H. a. H. Services, «Grade "A" Pasteurized Milk Ordinance,» 2017.
- [24] D. Good, «Proceso de pasteurización de la leche: cómo y por qué se pasteuriza la leche,» 2018.
- [25] H. Cuno, «Automatización y monitoreo de una planta para pasteurización de leche,» pp. 1-124, 2015.
- [26] Codex Alimentarius, «Código de Prácticas de Higiene para la Leche y los Productos Lácteos,» *Cac/Rcp*, pp. 1-54, 2004.
- [27] P. Villacrés, «La Pasteurización y sus Beneficios,» 2010.
- [28] L. Fernando y A. Almeida, «Diseño e implementacion de un sistema automatico para el proceso de pasteurizacion de leche,» 2015.
- [29] Equipo Tecnico del Centro de Produccion Mas Limpia de Nicaragua, *Manual De Buenas Practicas Operativas De Produccion Mas Limpia Para La Industria Lactea*, Nicaragua: Proarca, 2009.
- [30] Sociedad Argentina de Nutrición, «Lacteos y derivados,» p. 6, 2013.
- [31] Indura, «Manual Aceros Inoxidables,» *Indura*, pp. 21-24, 2010.

- [32] Carbone Stainless Steels, «Ficha Técnica del acero inoxidable Serie 300,» 2017.
- [33] H. Horwitz, «La soldadura en el pasado y en la actualidad,» de *Soldadura: Aplicaciones y Práctica*, México, Alfaomega, 2003, pp. 2-3.
- [34] H. Horwitz, «Soldadura con arco de tungsteno y gas,» de *Soldadura: Aplicaciones y Práctica*, Mexico, Alfaomega, 2003, pp. 109-110.
- [35] C. Alonso, «Soldadura TIG,» de *Manual de prácticas de soldadura*, Bogota, Ediciones de la U, 2015, p. 63.
- [36] L. Jeffus, «Equipo, configuración, operación y metales de aportacion para soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW, TIG),» de *Soldadura, Principios y aplicaciones*, Madrid, Paraninfo, 2009, p. 361.
- [37] Indura, «Gases de protección para aceros inoxidables,» *Indura*, p. 1, 2019.
- [38] Indura, «TIG,» de *Manual de aceros inoxidables para soldadores*, Chile, 2010, p. 60.
- [39] Real Academia Española, «Real Academia Española,» 2019. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/?w=estructura>. [Último acceso: 11 11 2019].
- [40] Ramfe, «Catálogo General de Selección,» *Ramfe*, vol. 9, 2009.
- [41] Tecnovapor, «Quemadores radiales automaticos,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.tecnovapor.com.ec/quemadores.html>. [Último acceso: 12 12 2019].
- [42] NKS, «NKS de México,» 2019. [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/>. [Último acceso: 15 12 2019].
- [43] M. Ramirez, «Diseño de una planta piloto para la producción de yogur en la facultad de ingeniería química,» vol. 39, nº 1, 2014.
- [44] INOXMIMGRUP S.L. AGITMIM.ES, «Agitación y mezcla,» pp. 14-18, 2018.
- [45] VAM Industry, «Manual de Cálculos,» *TFG VamIndustry*, pp. 11.5-11.80, 2016.
- [46] Slawinski & Co. GmbH, «SLAWINSKI world of heads,» SLAWINSKI, 2020. [En línea]. Available: <http://www.slawinski.de>. [Último acceso: 13 03 2020].

- [47] Fondeyur, «Fondo Klopper ( DIN 28011),» 2020.
- [48] Y. Cengel y J. Cimbala, «Flujo en tuberías,» de *Mecánica de Fluidos*, México, McGraw-Hill Interamericana, 2006, pp. 324-326.
- [49] Universidad Abierta y a Distancia de México, «Operaciones Unitarias II,» pp. 13-35, 2017.
- [50] Dipac, «Eje AISI 304 inoxidable,» 2019. [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/acero-inoxidable-aisi>. [Último acceso: 29 12 2019].
- [51] R. Norton, «Diseño con flexión y torsión fluctuantes,» de *Diseño de Maquinas*, México, Pearson Educación, 2011, pp. 420-430.
- [52] Rodavigo,S.A., «Chavetas».
- [53] American Institute of steel constructions, AISC Steel Construction Manual, Estados Unidos de América, 2005.
- [54] Y. A. Cengel y M. A. Boles, «Energía, Transferencia de energía y análisis general de energía,» de *Termodinámica*, México, Mc Graw Hill, 2012, pp. 70-89.
- [55] M. A. Boles y Y. A. Cengel, *Termodinámica*, Octava ed., Mexico: Mc Graw Hill, 2014.
- [56] Y. A. Cengel y A. J. Ghajar, *Trasferencia de calor y masa*, Mexico: Mc Graw Hill, 2011.
- [57] J. R. Welty, C. E. Wicks y R. E. Wilson, *Fundamentos de de momento, calor y masa*, México: Limusa Noriega Editores, 1994.
- [58] J. Holman, *Transferencia de Calor*, México: Mc Graw Hill, 1999.
- [59] R. Rojas, «Clasificación de los costos,» de *Sistemas de costos. Un proceso para su implementación*, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, 2007, pp. 9-11.
- [60] C. Ramirez, M. Garcia y C. Pantoja, «Clasificación de costos,» de *Fundamentos y Técnicas de Costos*, Cartagena de indias, Colombia, Editorial Universidad Libre, 2010, pp. 40-44.
- [61] T. d. J. Altahona, *Libro practico sobre contabilidad de costos*, Universtaria de investigación y desarrollo, 2009.

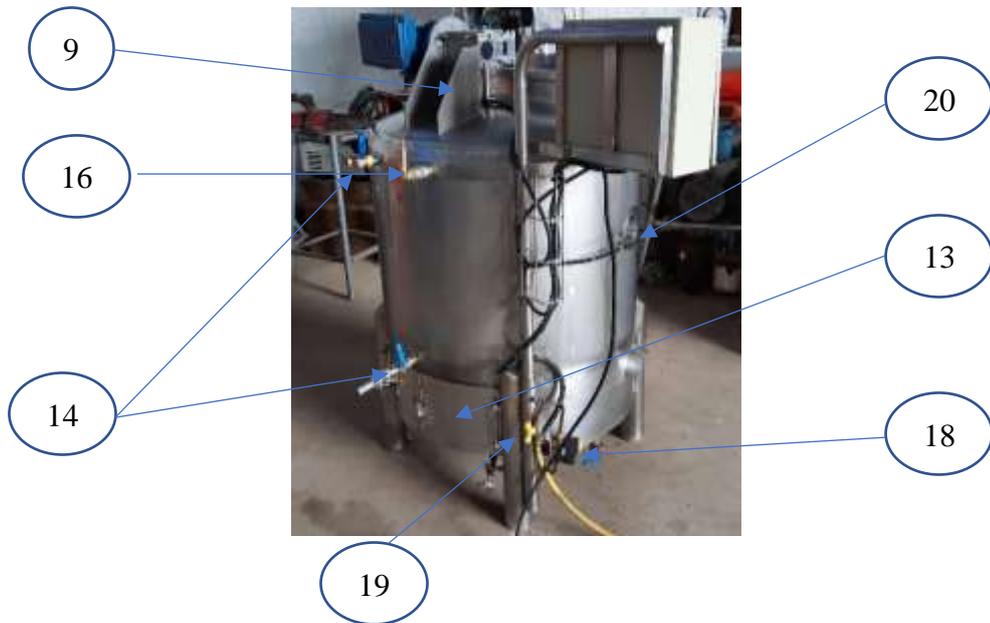
- [62] M. Mete, «Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión,» *Scielo*, vol. 7, pp. 68-71, 2014.
- [63] E. Morín y L. Alvarado, «Indicadores de rentabilidad,» *CEPEP*, pp. 1-9, 2017.

## **Anexo 1**

### **Manual de funcionamiento**

# MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

## PROTOTIPO DE PASTEURIZADORA CON CAPACIDAD DE 200 LITROS/HORA



### LISTADO DE ELEMENTOS

<b>N°</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
1	Tanque externo	1
2	Tubería de desfogue de producto	1
3	Soporte principal	4
4	Manhole	1
5	Tapa toriesférica	1
6	Motorreductor	1
7	Eje impulsor	1
8	Tapa Manhole	1
9	Soporte base motor reductor	1
10	Tanque interno	1
11	Tablero de control	1
12	Quemador	1
13	Cámara de combustión GLP	1
14	Tubería de ingreso y salida de agua	1
15	Manómetro	1
16	Válvula de alivio	1
17	Módulo de encendido electrónico	1
18	Electroválvula	1
19	Llave de seguridad para paso de GLP	1
20	Termocupla	1

## INSTRUCTIVO PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
1	Abrir las llaves de paso para el ingreso de agua para el proceso de pasteurizado, luego del llenado cerrar las llaves.	
2	Abrir la válvula de gas para la alimentación de GLP al quemador. Además de verificar la llave de paso de seguridad de GLP.	
3	Verificar la corriente de alimentación de 220 V (Breaker principal) para el funcionamiento de la máquina.	
4	Verificar que no se encienda la luz roja de emergencia.	
5	Girar el selector a posición de automático (AUTO).	
6	Después de terminado el proceso de pasteurización de todo el producto se encenderá el foco de color azul.	

7	Para realizar un nuevo proceso de pasteurizado presionar el botón “nuevo proceso”	
8	Ya terminado todos los procesos de pasteurizado girar el selector a posición OFF	
9	Ya finalizado todo el trabajo diario cerrar la válvula de paso de GLP (llave de paso de emergencia y válvula de GLP)	

## **Anexo 2**

### **Manual de mantenimiento**

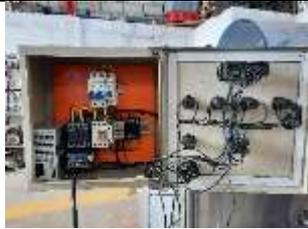
Mantenimiento pasteurizadora con capacidad 200L/H																												
Partes	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Quemador	■				■				■				■				■				■				■			
Cámara de combustión GLP	■				■				■				■				■				■				■			
Manómetro		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		
Valvula de alivio				▲																								
Modulo encendido				▲																								
Electrovalvula	■			■					■								■								■			
Termocupla																												
Motoreductor	■				■				■				■				■				■				■			
Tanques externo e interno																												
Agitador	■				■				■				■				■				■				■			
Tablero de control				▲																								
Valvula de gas		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		◆		
Cableado general																									◆			

Nomenclatura	Significado
●	Inpección visual
○	Limpieza
●	Reajuste
◇	Quincenal
□	Mensual
△	Bimensual
◇	Semestral

**Nota:** La pasteurizadora en general (tanque externo, interno, tapa toriesférica y base motor reductor) deben ser limpiados diariamente para mantener una buena higiene.

## MANUAL DE MANTENIMIENTO

Se recomienda seguir las instrucciones de presentadas en la figura anterior, la misma que muestra las actividades que se pueden realizar tomando en cuenta los tiempos establecidos, cabe recalcar que, al finalizar el sexto mes, se repite el ciclo desde el mes 1. Además, también se incluye pasos para el desmontaje de implementos de la pasteurizadora.

ITEM	DESCRIPCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
1	Verificar que el breaker de alimentación principal 220 V se encuentre apagado.	
2	Revisar visualmente el estado de componentes de la caja de control y la conexión de cables. Además de reajuste de borneras y contactores.	
3	Cerrar la válvula de paso de GLP (llave de paso de emergencia y válvula de GLP)	
4	Abrir la llave de paso inferior para el desfogue completo de agua existente dentro de la camisa	

5	Verificar el estado del manómetro.	
6	Desmontar el motorreductor aflojando la tuerca sujetadora del eje del impulsor y limpiarlo suavemente de polvos.	
7	Desmontar el eje y aspas de impulsor aflojando los pernos sujetadores y limpiarlos debidamente con detergentes para eliminar residuos de lácteos.	
8	Desmontar los chisperos del módulo de encendido automático	
9	Desmontar el quemador levantando el regulador de color de flama y sacar el quemador.	
10	Limpiar el quemador con una brocha suavemente hasta quitar el hollín generado por el trabajo.	

<p><b>11</b></p>	<p>Limpiar cámara de quemador removiendo hollín generado por el trabajo.</p>	
<p><b>12</b></p>	<p>Revisar visualmente el estado de la electro válvula de paso para GLP</p>	
<p><b>13</b></p>	<p>Revisar el estado de empaque de tapa del manhole.</p>	
<p><b>14</b></p>	<p>Ensamblar las piezas desmontadas en orden inverso al desmontaje.</p>	
<p><b>15</b></p>	<p>Limpiar el tanque en general.</p>	

### **Anexo 3**

#### **Fotos de construcción de la maquina**



Fabricación de tapa toriesférica, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Ensamblaje tanque interno, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Fabricación manhole, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Ensamblaje Manhole en tanque interno, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Ensamblaje tanque externo y soportes, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Ensamblaje tanque interno y externo pasteurizadora, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Ensamblaje base motorreductor, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Fabricación impulsores, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Fabricación de tapa manhole, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Montaje protector de quemador, Elaborado por: Jesús Chicaiza



Montaje tablero eléctrico, Elaborado por: Jesús Chicaiza

## **Anexo 4**

### **Análisis de muestras**

LABORATORIO DE CALIDAD DE LECHE

Información proporcionada por el cliente

Cliente: **Jesús Eduardo Chicalza**  
 Contacto: **Jesús Chicalza**  
 Dirección: **Cayambe**  
 Teléfono: **9987990517**  
 Fecha de colecta: **22/07/2020**

Correo electrónico: **jchicalza@ent.ups.edu.ec**

INFORME DE RESULTADOS

Cantidad de muestras: **1**

Muestras con observaciones: **1**

Lote: **20291**  
 Fecha de recepción: **22/07/2020**  
 Fecha de análisis: **22/07/2020**  
 Fecha de emisión de resultados: **26/07/2020**  
 Descripción: **Leche cruda**

Descripción: **Leche pasteurizada**

Ruta / Filtro:	Código examinado	Aerobios totales (*) UFC/ml	E.coli (*) UFC/ml	Coliformos totales (*) UFC/ml	Observaciones
243463	Leche pasteurizada	5.000	<1	<1	G
(*)Especificación de norma o reglamento		50.000**	<10**	10**	

Referencias y Observaciones

Laboratorio de Análisis de Calidad de Leche de la Universidad Politécnica Salesiana acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE L26-17-098

Los ítems marcados con (\*) en estos informes se encuentran en el alcance de acreditación del SAE

Origen de las especificaciones de norma o reglamento:

\*\*NMP = Valor máximo permitido para identificar nivel aceptable de calidad. (Fuente: Leche pasteurizada, Resolución SEN 10.2612)

Método Referencial e Instrumental utilizado: AOAC 2011.14 para E.coli UFDG - NTE SEN 1109-13 para Enterobacterias

Simbología: (LCL) Laboratorio de Calidad de Leche, (UPD) Unidades Formadoras de Colonias, (G) Sin etiqueta, (E) Presencia de sulfatos en el ambiente

Nota 1: Los resultados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) entregada(s) por el cliente

Nota 2: Prohíbese la reproducción total o parcial de este informe, sin previa autorización escrita por parte del LCL

Nota 3: La información completa respecto a los ensayos está a disposición del cliente

Nota 4: El LCL se deslinda de responsabilidad sobre la información proporcionada por el cliente, observándose en los ítems de ensayo o otros detalles que pueden afectar la validez de los resultados

Nota 5: Muestra tomada por:

Cliente  
 LCL

Nota 6: La temperatura aproximada de ingreso de la muestra es:

Nota 7: Datos adicionales de la muestra proporcionada por el cliente

Marcos	No dentro del alcance
Lote de fabricación	No dentro del alcance
Fecha de elaboración	No dentro del alcance
Fecha de caducidad	No dentro del alcance

Jefe de Laboratorio (e)  
Ing. Elsa Echeverría



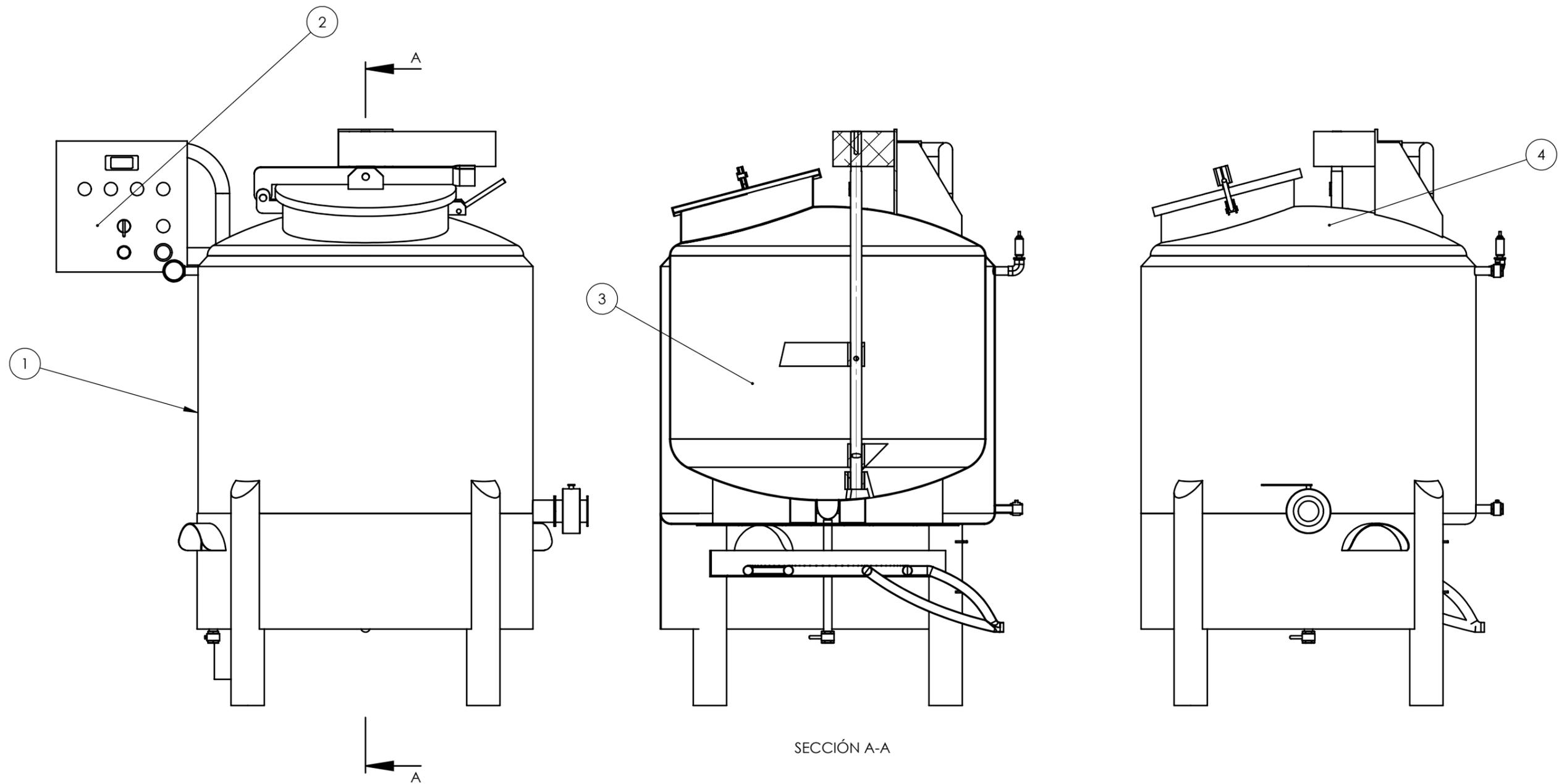
Responsable Técnico (e)  
Ing. Elina Aguirre

LABORATORIO DE CALIDAD DE LECHE

Cayambe, Av. Natalia Jarrín N3-85 y 9 de Octubre. • Teléfonos: 593 (2) 3962 946 / 3962 800 ext., 2501  
 Correo electrónico: psimbana@ups.edu.ec / bioagrolab@ups.edu.ec

**Anexo 5**

**Planos**



04	Tapa torisférica	1	720x200x720	10.3848.01.04	Construido
03	Tanque interno	1	550x760x550	10.3848.01.03	Construido
02	Tablero de control	1	400x1000x350	10.3848.01.02	Construido
01	Tanque externo	1	1200x780x780	10.3848.01.01	Construido
Ref	Denominación	Cant	Dim. brutas	Norma	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
			Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
			Rev.	Ing. Milton Jami	
PASTEURIZADORA		Escala: 1:10	10.3848.01		Tol. gral. ± 1



DETALLE A  
ESCALA 1 : 10



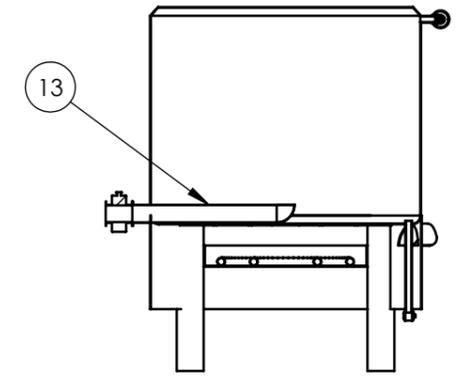
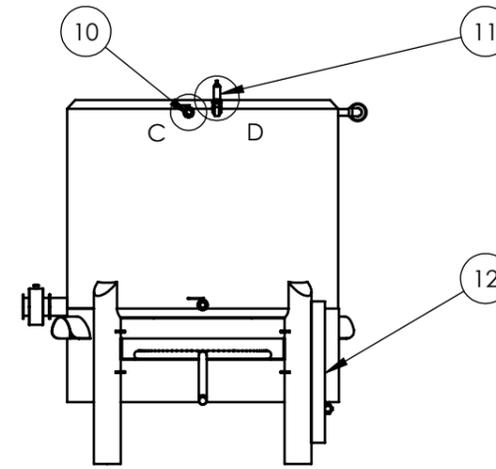
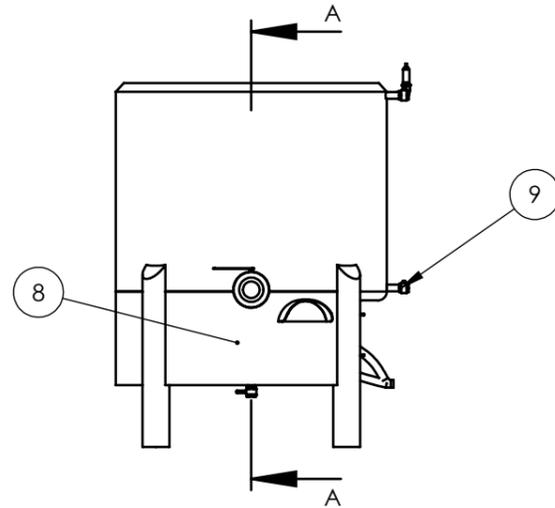
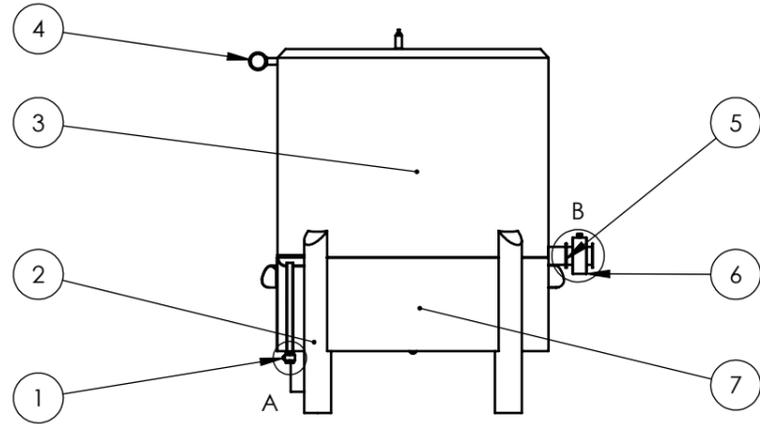
DETALLE B  
ESCALA 1 : 10



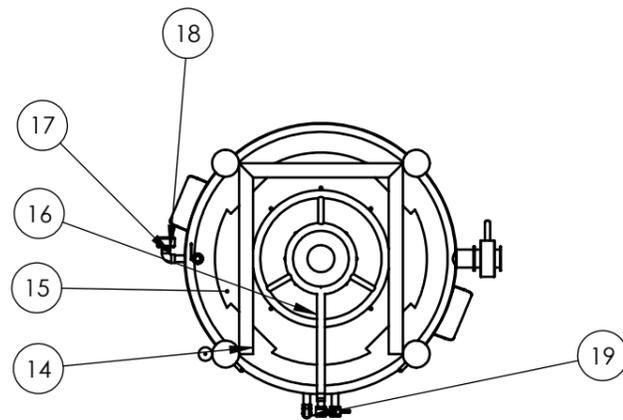
DETALLE C  
ESCALA 1 : 10



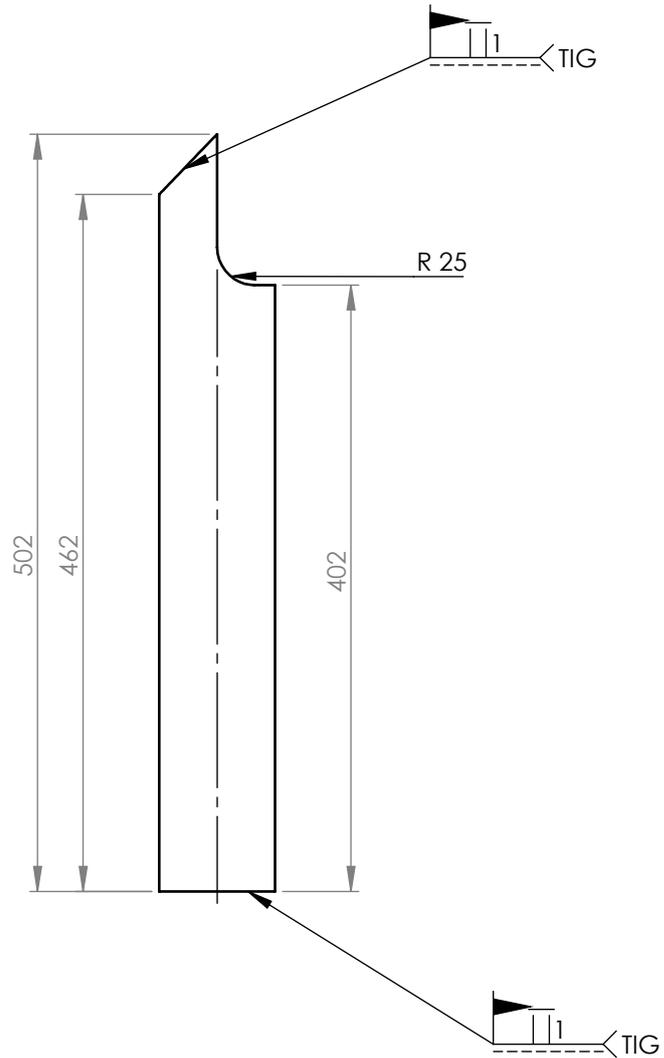
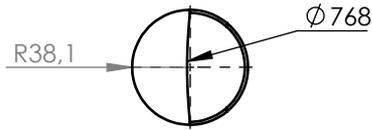
DETALLE D  
ESCALA 1 : 10



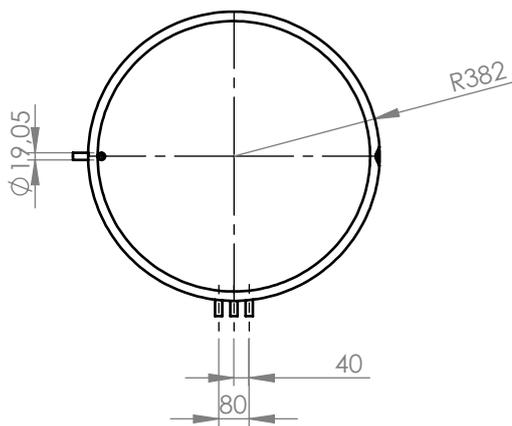
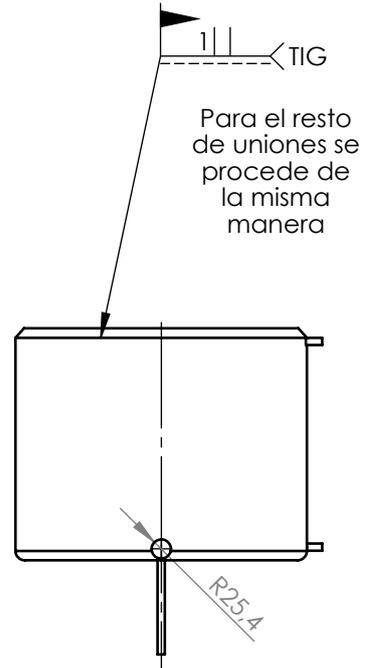
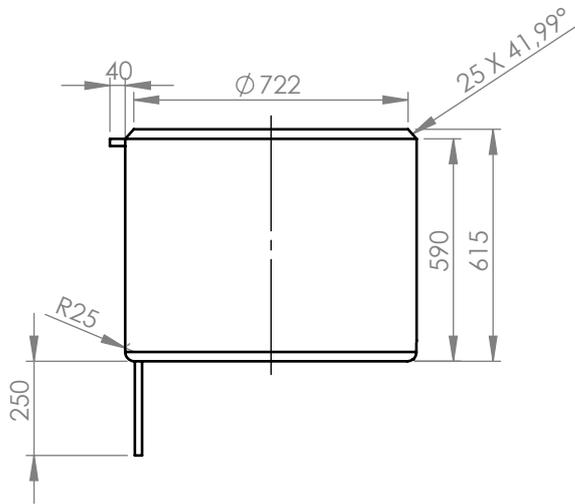
SECCIÓN A-A



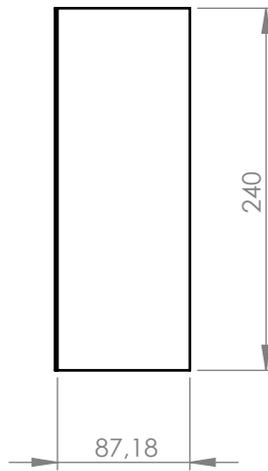
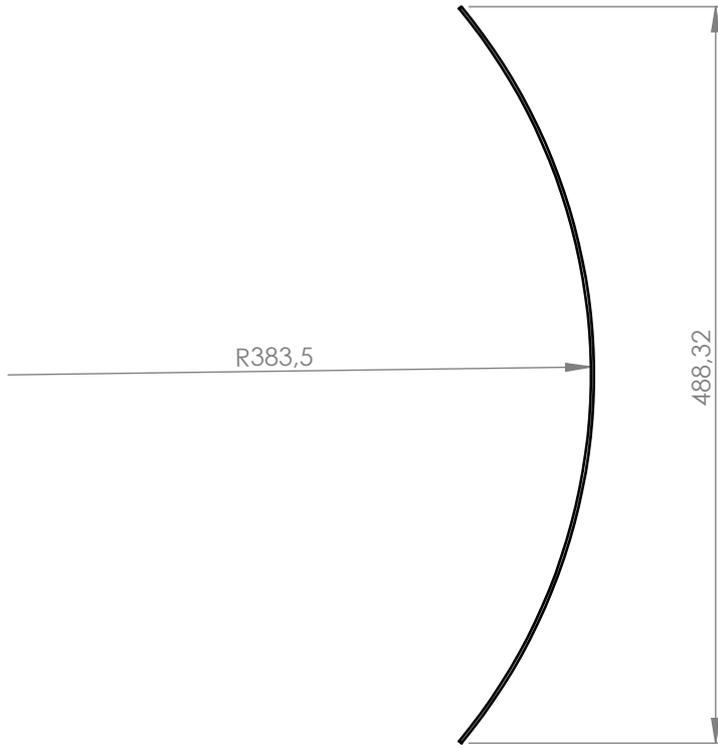
19	Reduccion 2	2	1/4'-3/16'	ASTM B224	Adquirido	
18	Reduccion 1	2	3/4'-1/4'	ASTM B234	Adquirido	
17	Codo 1	1	3/4'	ASTM A234	Adquirido	
16	Quemador	1	3/4'	10.3848.01.01.16	Construido	
15	Base tanque externo	1	650 X 650 X 3	10.3848.01.01.15	Construido	
14	Soporte quemador	1	L 40x60x3	10.3848.01.01.14	Construido	
13	Tuberia de desfogue	1	Ø 50.8x470	10.3848.01.01.13	Construido	
12	Base soporte tablero de control	1	Ø 38,1X500X1	10.3848.01.01.12	Construido	
11	Válvula de alivio	1	1/4'	0-100 Psi	Adquirido	
10	Válvula salida de agua	1	3/4'	1/2 vuelta 3/4' SF	Adquirido	
09	Válvula entrada de agua	1	3/4'	1/2 vuelta 3/4' FV	Adquirido	
08	Protector lateral	2	550x250x2	10.3848.01.01.08	Construido	
07	Protector frontal	1	500x250x2	10.3848.01.01.07	Construido	
06	Válvula de salida producto	1	2'	ASTM A352	Adquirido	
05	Ferrul y empaque	1	2'	DIN 11864	Adquirido	
04	Manómetro	1		0-200 Psi	Adquirido	
03	Tanque externo	1	1220X2440X2	10.3848.01.01.03	Construido	
02	Soporte principal	1	Ø 76.2x600X2	10.3848.01.01.02	Construido	
01	Válvula salida de agua prin.	1	3/4'	1/2 vuelta 3/4' SF	Adquirido	
Ref	Denominación	Cant	Dim. brutas	Norma	Observaciones	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
				Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
				Rev.	Ing. Milton Jami	
TANQUE EXTERNO			Escala: 1:20	10.3848.01.01		Tol. gral. ± 1



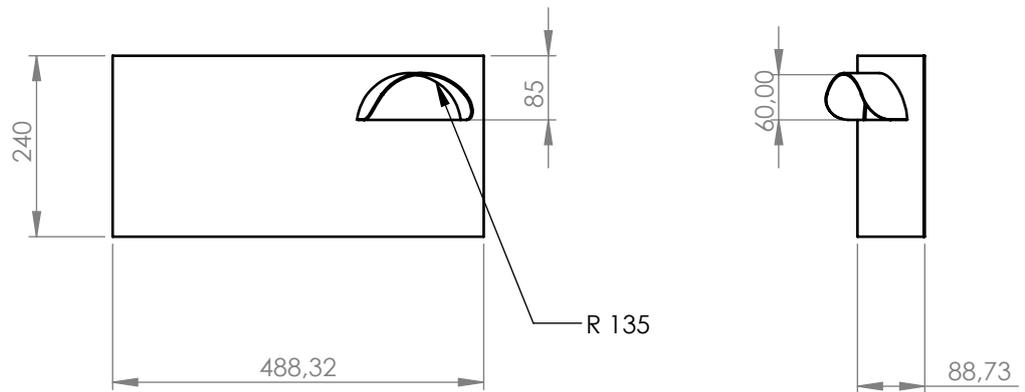
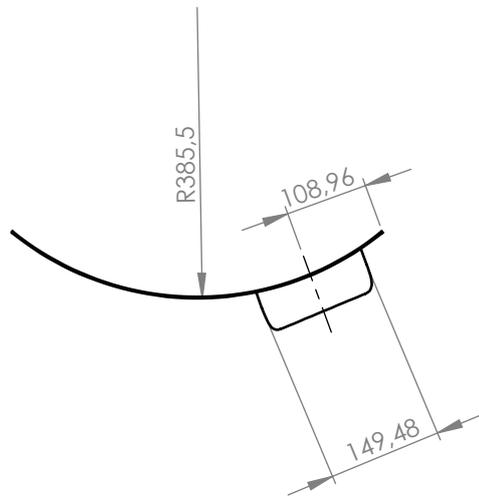
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas Ø 3'x600X2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08//2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		SOPORTE PRINCIPAL	Escala: 1:5	10.3848.01.01.02



Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 1220X2440X2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
<b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>	<b>UPS</b>	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		TANQUE EXTERNO	Escala: 1:20	10.3848.01.01.03



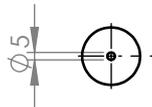
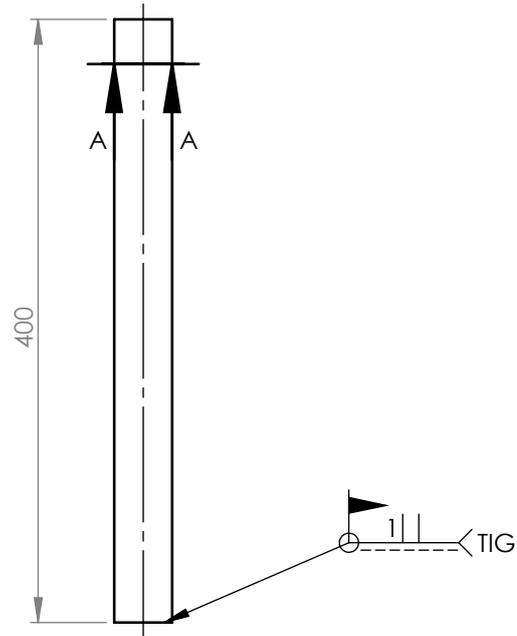
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 500X250X2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		PROTECTOR FRONTAL	Escala: 1:5	10.3848.01.01.07



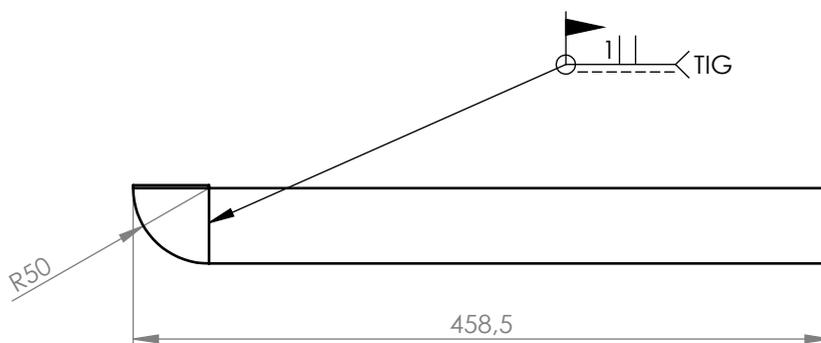
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 550x250x2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		Protector lateral	Escala: 1:10	10.3848.01.01.08



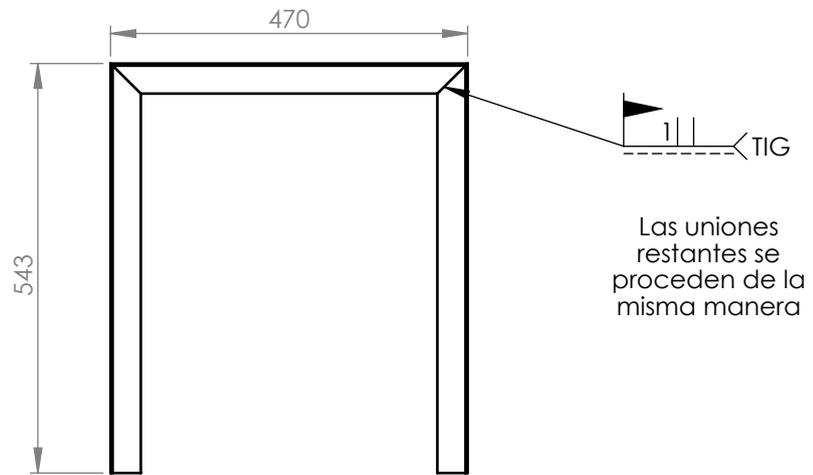
SECCIÓN A-A



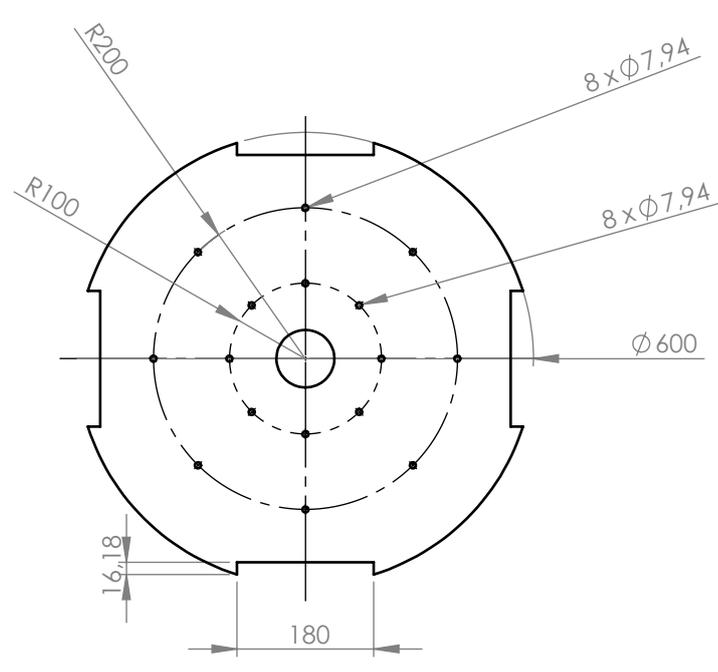
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas	
Recubrimiento	S/D		Ø 1.5'X500X1	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
BASE SOPORTE TABLERO DE CONTROL	Escala: 1:5	10.3848.01.01.12		Tol. gral. ± 1



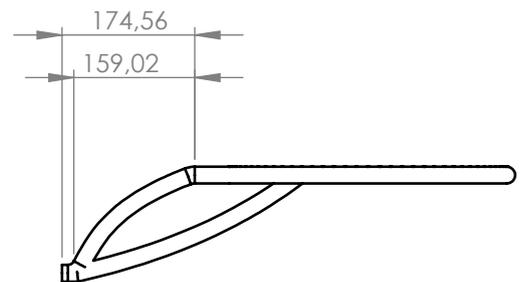
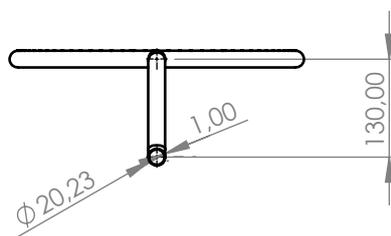
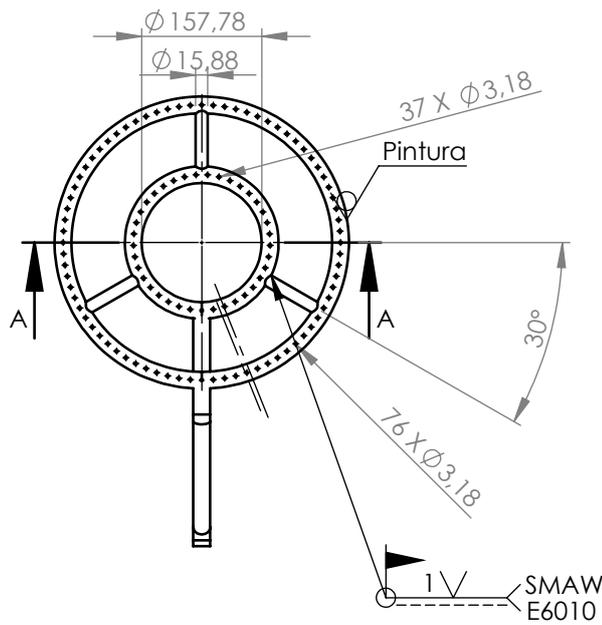
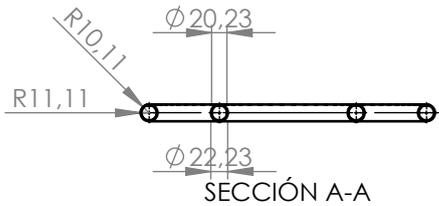
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas	
Recubrimiento	S/D		Ø 2"x470x2	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
TUBERIA DE DESFOGUE	Escala: 1:5	10.3848.01.01.13		Tol. gral. ± 1



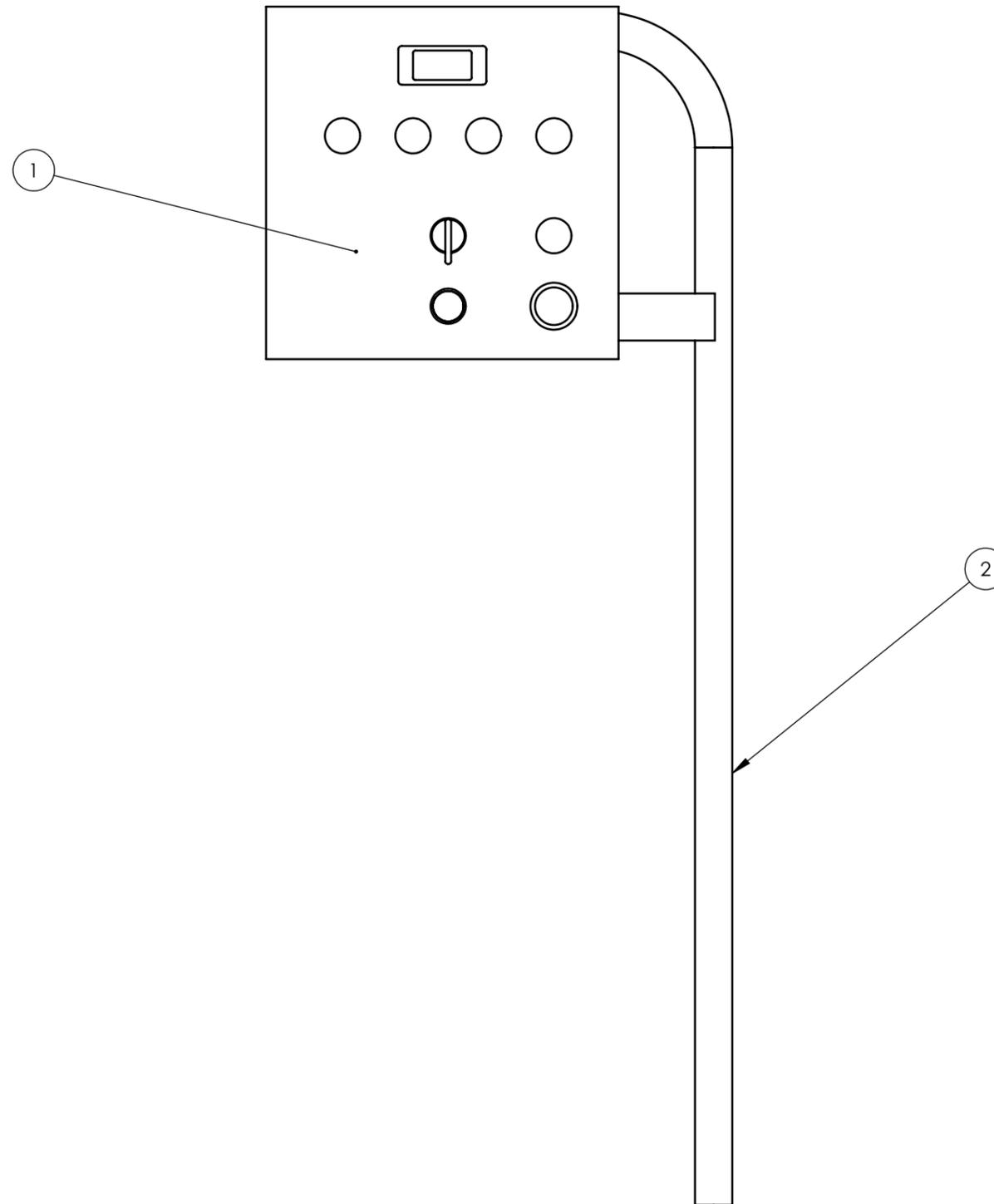
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas	
Recubrimiento	S/D		L 40x60x3	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
SOPORTE QUEMADOR	Escala: 1:10	10.3848.01.01.14		Tol. gral. ± 1



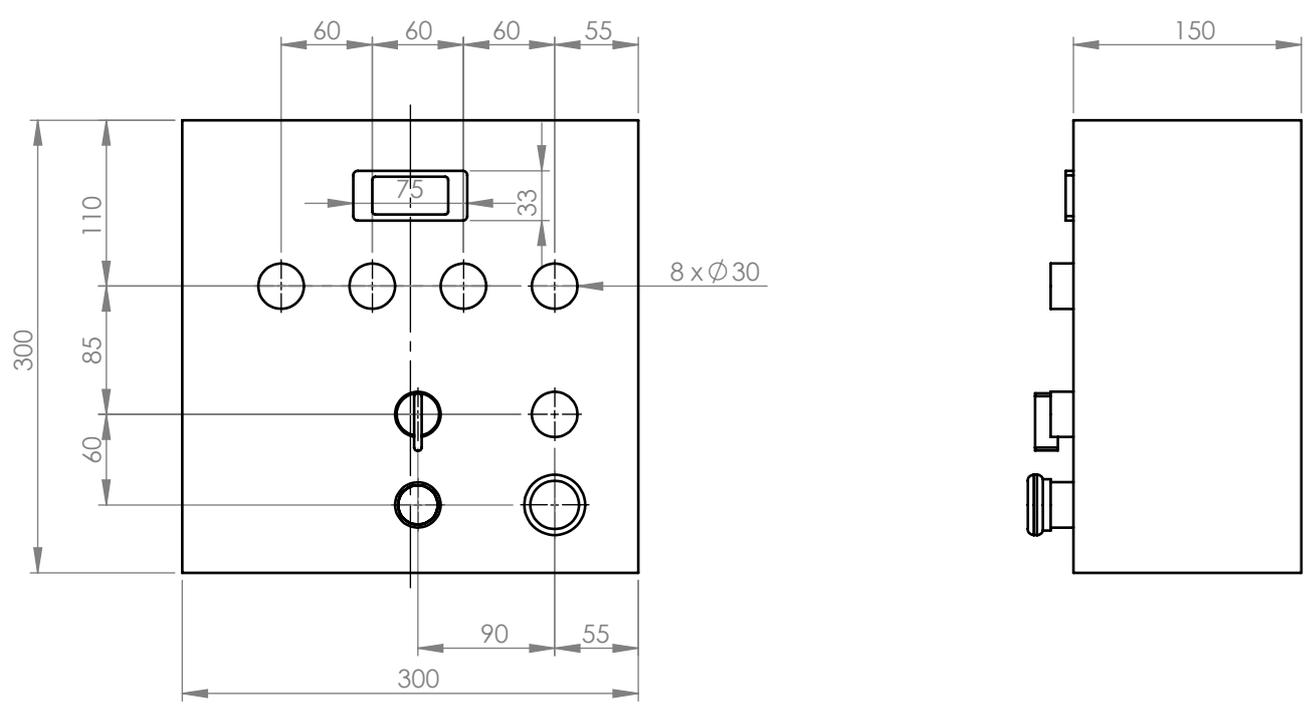
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. brutas 650 X 650 X 3	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		BASE TANQUE EXTERNO	Escala: 1:10	10.3848.01.01.15



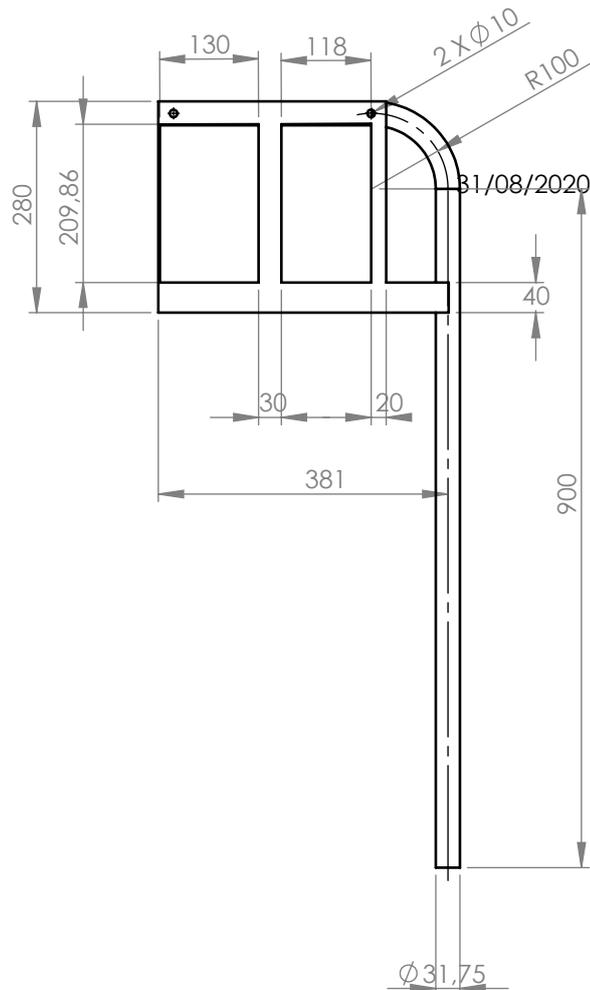
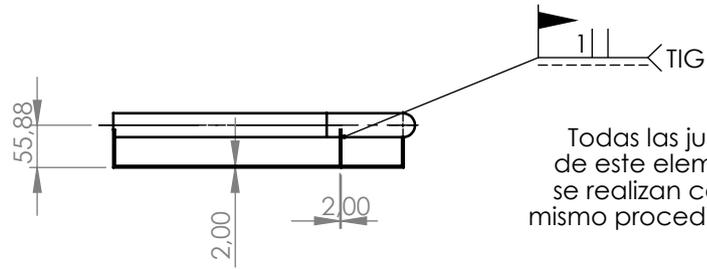
Tratamiento térmico	S/D	Material: ACERO	Dim. brutas.	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
QUEMADOR	Escala: 1:10	10.3848.01.01.16		Tol. gral. ± 1



02	Soporte tablero de control	1		10.3848.01.02.02	Construido
01	Tablero de control	1	300X300X150	10.3848.01.02.01	Modificado
Ref	Denominación	Cant	Dim. brutas	Norma	Observaciones
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA		UPS		Dis.	Jesús Chicaiza 31/08/2020
				Dib.	Jesús Chicaiza 31/08/2020
				Rev.	Ing. Milton Jami
TABLERO DE CONTROL		Escala: 1:5		10.3848.01.02	Tol. gral. ± 1



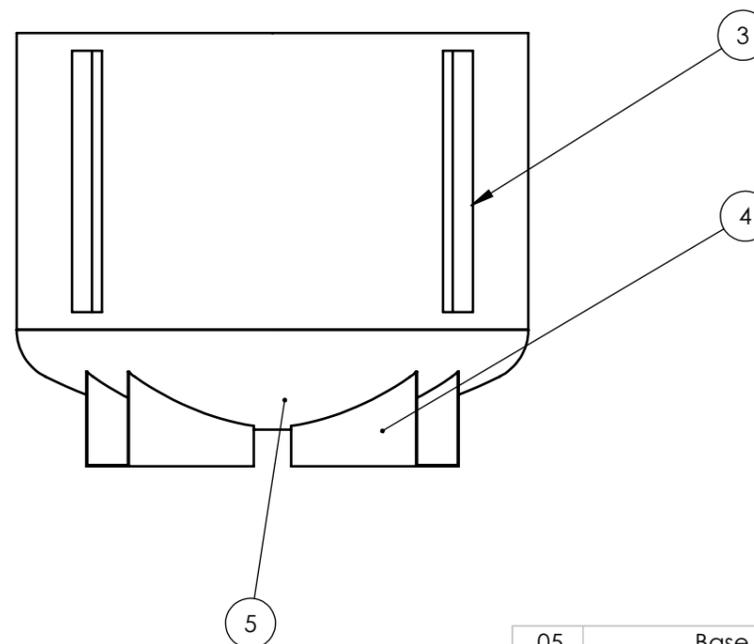
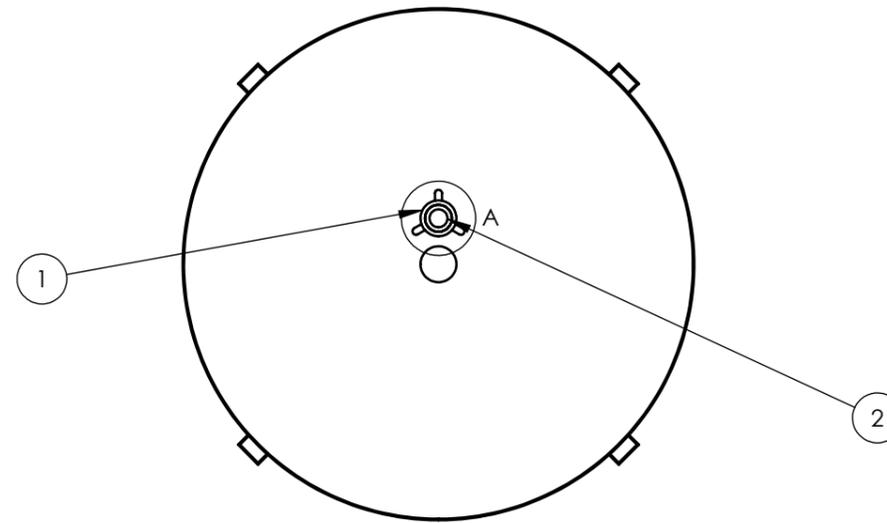
Tratamiento térmico	S/D	Material:		Dim. Brutas
Recubrimiento	Pintura electrostática			300X300X150
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
TABLERO DE CONTROL	Escala: 1:5	10.3848.01.02.01		Tol. gral. ± 1



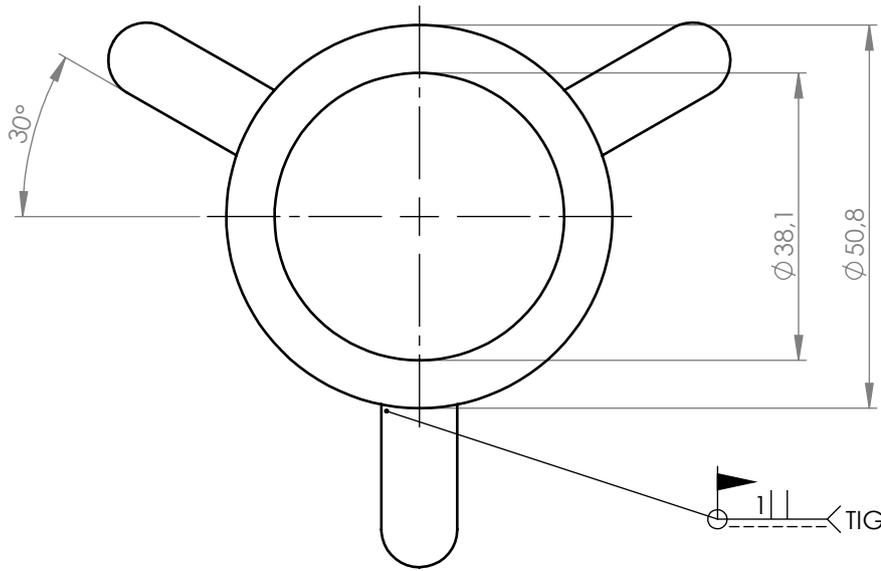
Tratamiento térmico	S/D	Material AISI 304	Dim. brutas
Recubrimiento	S/D		
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza
		Dib.	Jesús Chicaiza
		Rev.	Ing. Milton Jamy
Soporte Tablero de control	Escala: 1:10	10.3848.01.02.02	Tol. gral. ± 1



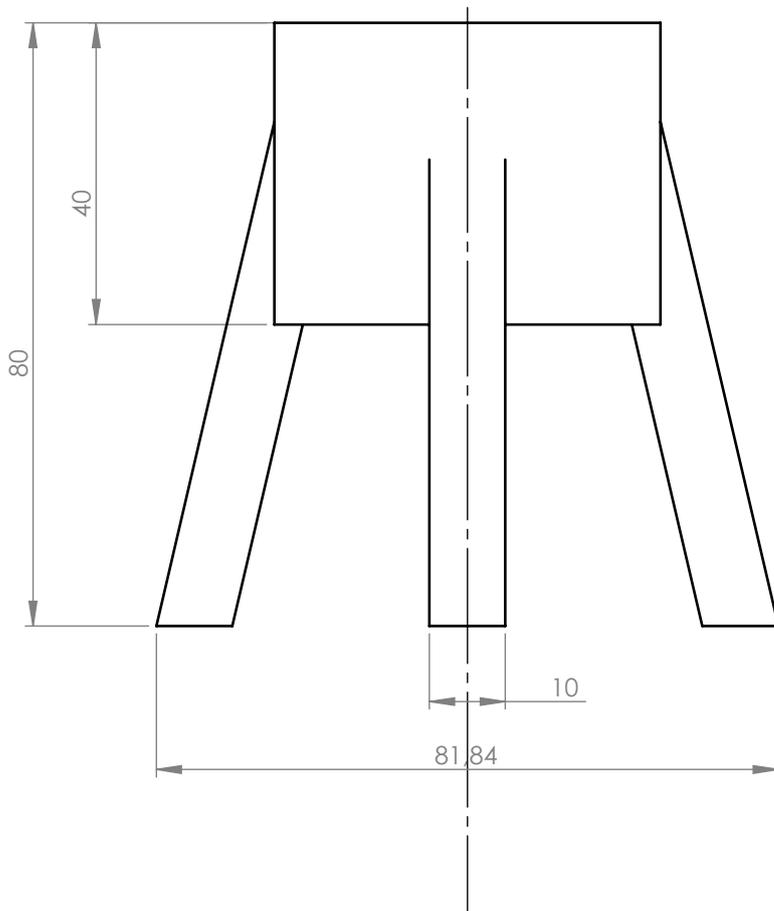
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



05	Base toriesférica	1	730X730X2	10.3848.01.03.05	Construido	
04	Soporte base toriesférica	4	410X250X2	10.3848.01.03.04	Construido	
03	Omega	4	415x74	10.3848.01.03.03	Construido	
02	Grilón	1	Ø 38x45	10.3848.01.03.02	Construido	
01	Soporte eje impulsor	1		10.3848.01.03.01	Construido	
Ref	Denominación	Cant	Dim. brutas	Norma	Observaciones	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
				Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
				Rev.	Ing. Milton Jami	
CONJUNTO TANQUE INTERO		Escala: 1:10		10.3848.01.03	Tol. gral. ± 1	



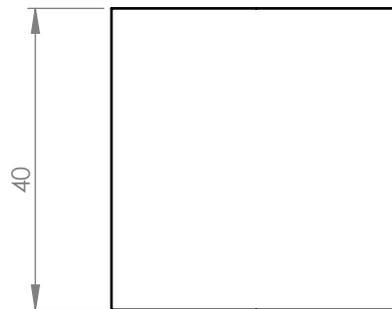
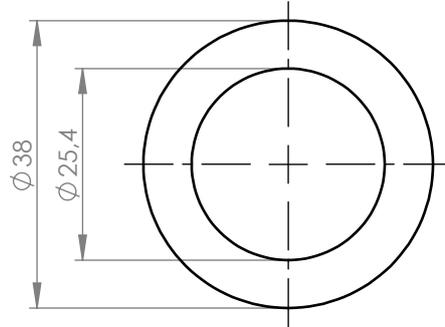
El resto de uniones soldadas se procede de la misma manera



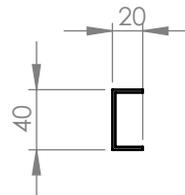
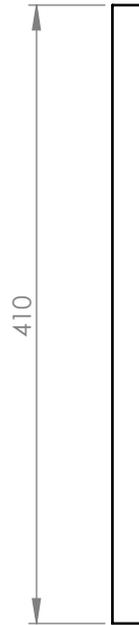
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
SOPORTE EJE IMPULSOR	Escala: 1:1	10.3848.01.03.01		Tol. gral. ± 1

N5/C Cilindrado

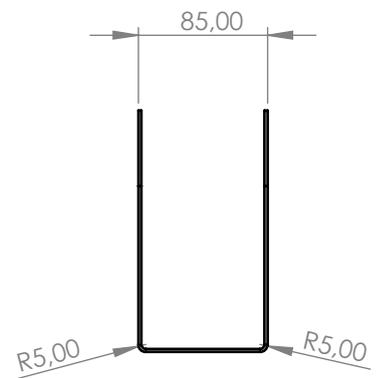
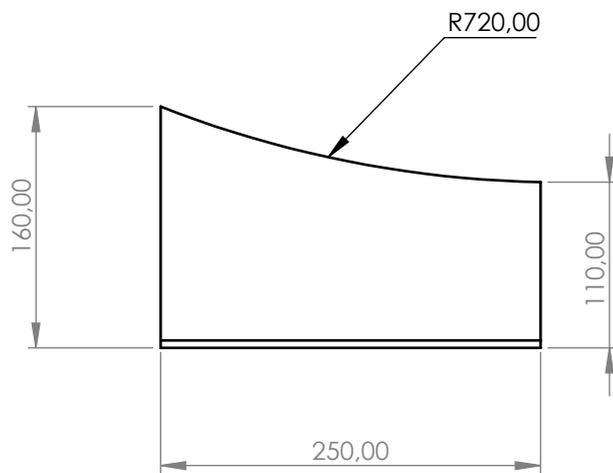
N6/C Refrentado



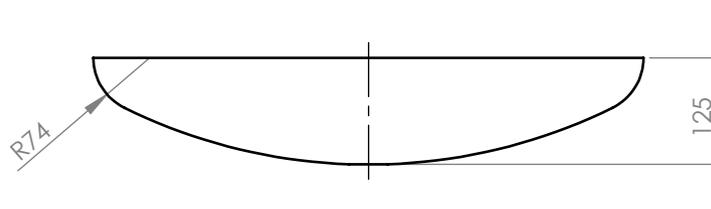
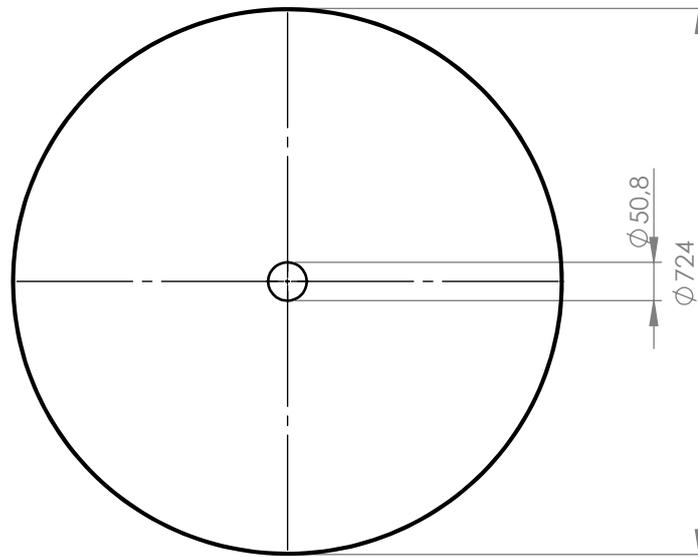
Tratamiento térmico	S/D	Material: DURALÓN	Dim. Brutas	
Recubrimiento	S/D		Ø 38x45	
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
GRILÓN	Escala: 1:1	10.3848.01.03.02		Tol. gral. ± 1



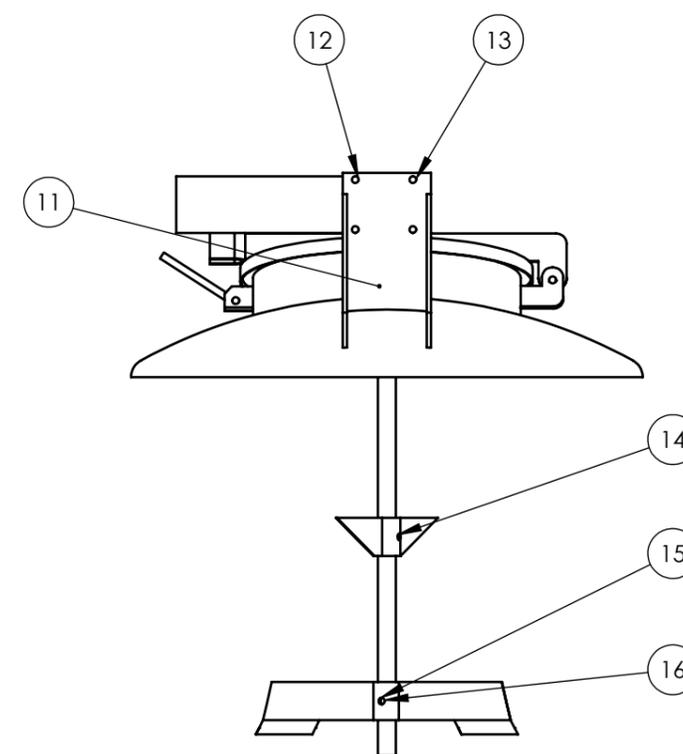
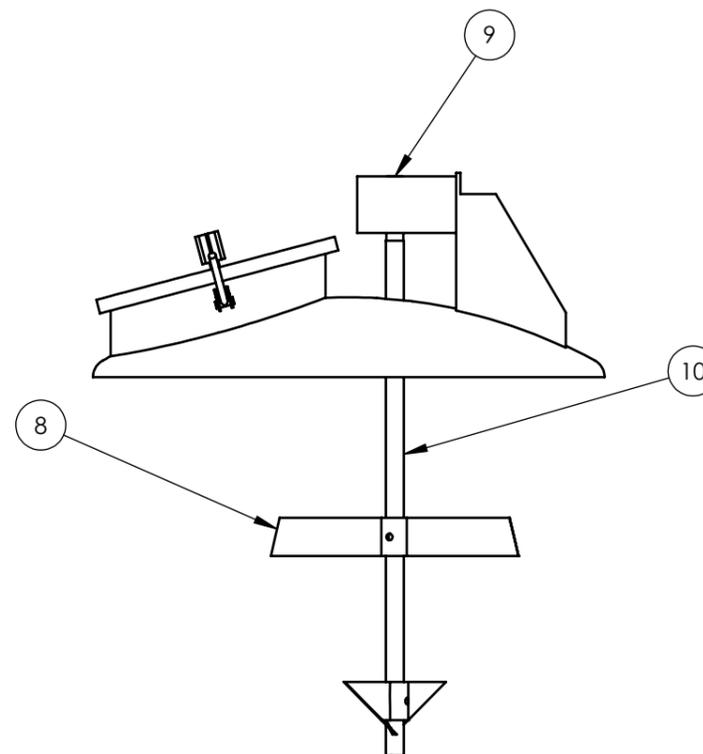
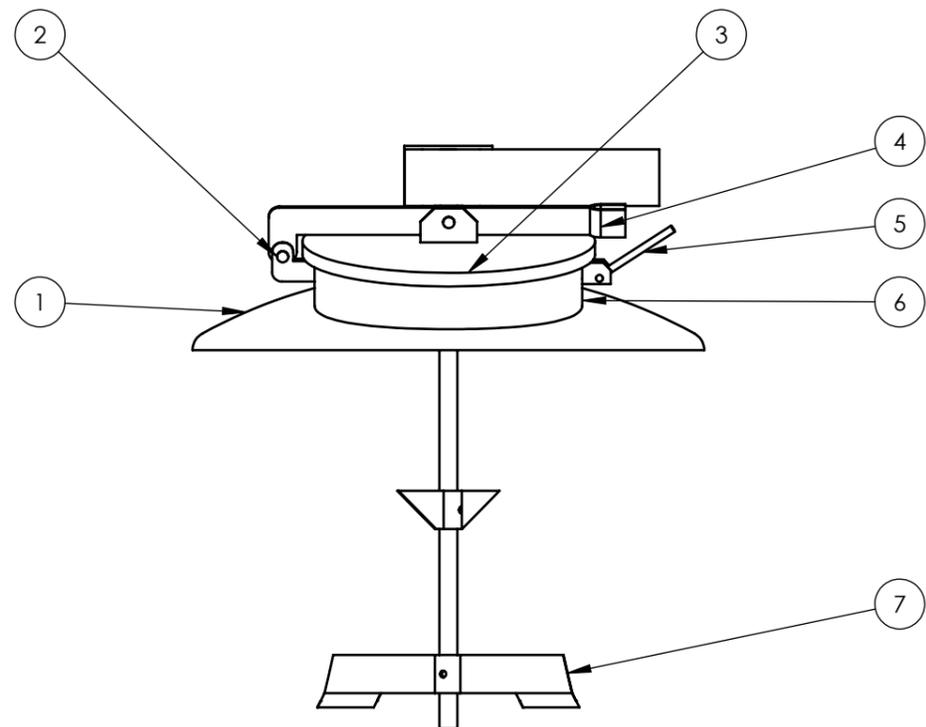
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 415x75x2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		OMEGA	Escala: 1:5	10.3848.01.03.03



Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 410X250X2	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
SOPORTE BASE TORIESFÉRICA	Escala: 1:5	10.3848.01.03.04		Tol. gral. ± 1



Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 730X730X2	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
BASE TORIESFÉRICA	Escala: 1:10	10.3848.01.03.05		Tol. gral. $\pm 1$



16	Tuerca 3	2	5/16'	ASTM F594	Adquirido
15	Arandela 3	2	5/16'	ASME B18.22.1	Adquirido
14	Perno 3	2	5/16'	ASTM F593	Adquirido
13	Tuerca 2	4	5/16'	ASTM F594	Adquirido
12	Perno 2	4	5/16'x 2'	ASTM F593	Adquirido
11	Base motoreductor	1	400x250x6	10.3848.01.04.11	Construido
10	Eje del agitador	1	Ø 25.4X820	10.3848.01.04.10	Construido
09	Motoreductor	1		WEG 1/2 Hp	Adquirido
08	Impulsor superior	1	400x60x2	10.3848.01.04.08	Construido
07	Impulsor inferior	1	400X60X2	10.3848.01.04.07	Construido
06	Manhole	1	800 X 100 X 2	10.3848.01.04.06	Construido
05	Perno sujetador 2	1	M10 X120	10.3848.01.04.05	Construido
04	Brazo tapa manhole	1	400x600x6	10.3848.01.04.04	Construido
03	Tapa Manhole	1	500X400X2	10.3848.01.04.03	Construido
02	Pasador sujetador 1	2	Ø 10X20	10.3848.01.04.02	Construido
01	Tapa toriesférica	1	730x730x2	10.3848.01.04.01	Construido
Ref	Denominación	Cant	Dim. brutas	Norma	Observaciones

CARRERA DE INGENIERIA  
MECANICA

UPS

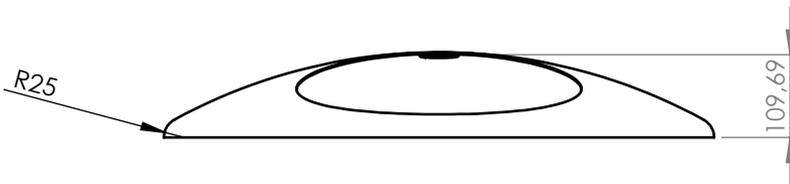
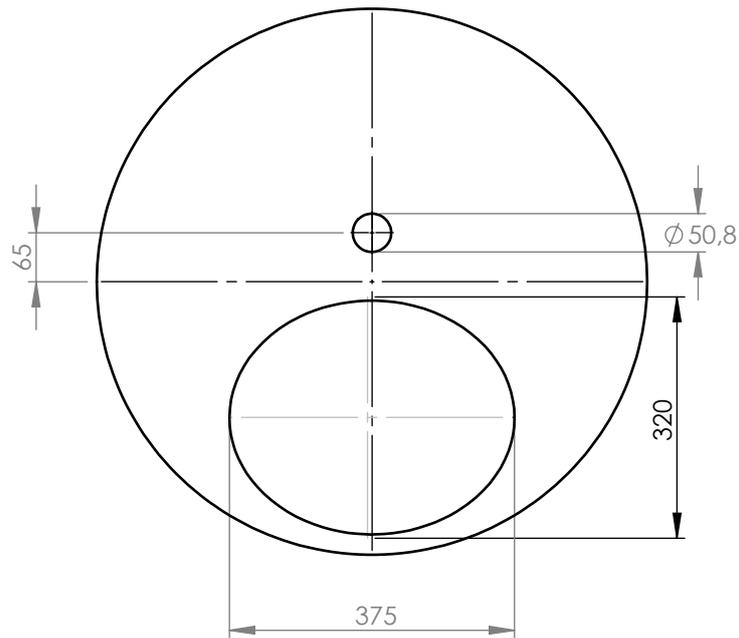
Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
Rev.	Ing. Milton Jami	

TAPA TORIESFÉRICA

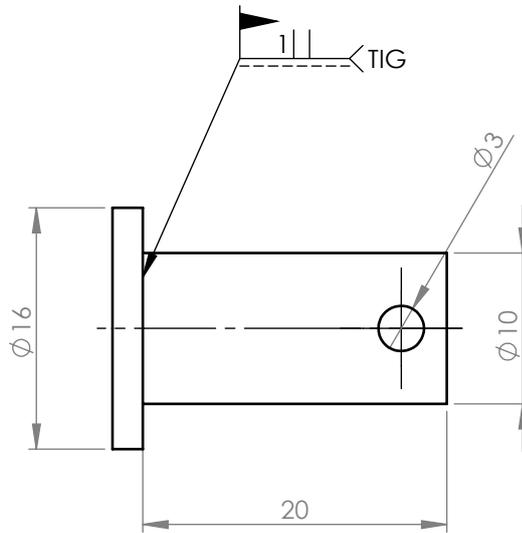
Escala:  
1:10

10.3848.01.04

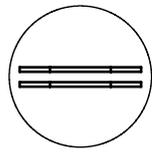
Tol. gral.  
± 1



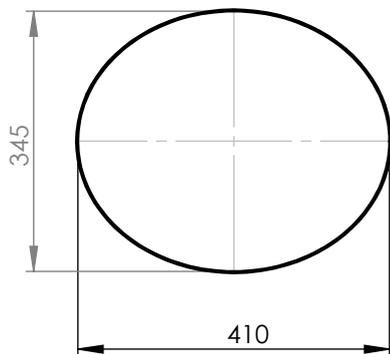
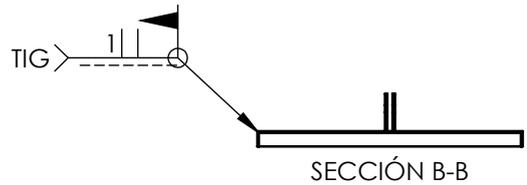
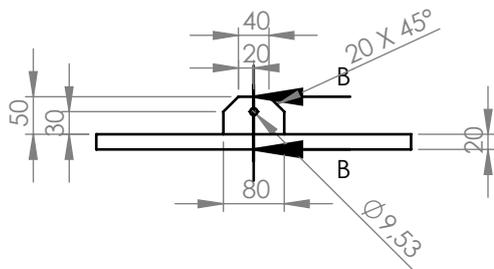
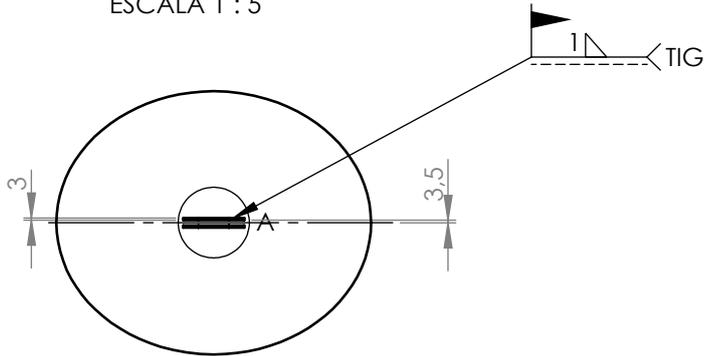
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 730x730x2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		TAPA TORIESFÉRICA	Escala: 1:10	10.3848.01.04.01



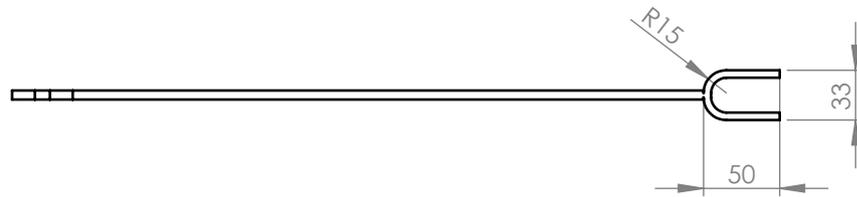
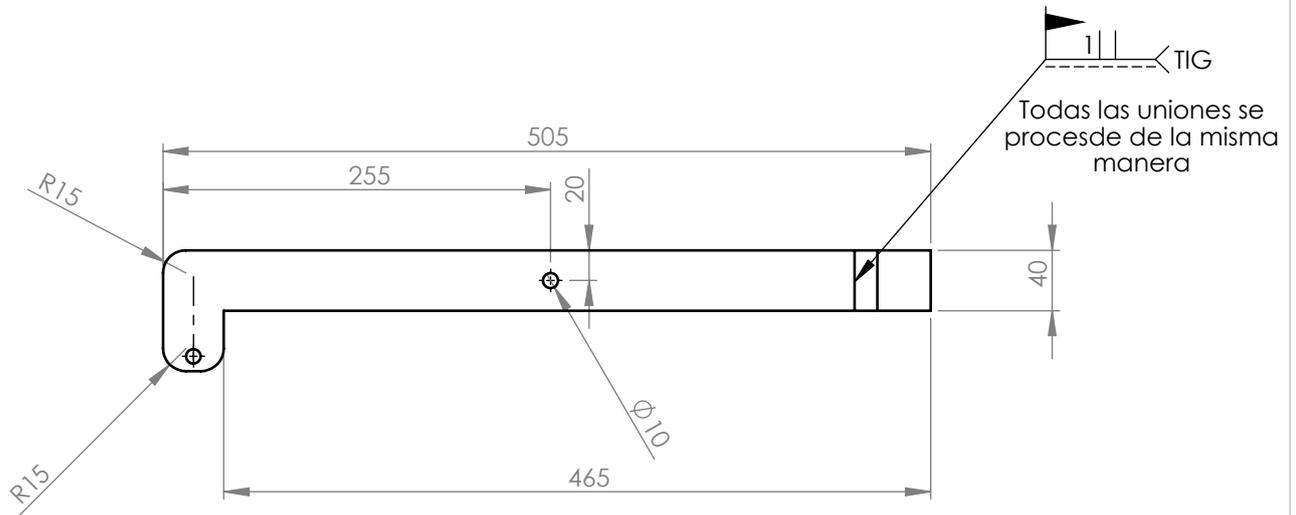
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas Ø 10X20	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
PASADOR SUJETADOR 1	Escala: 2:1	10.3848.01.04.02		Tol. gral. ± 1



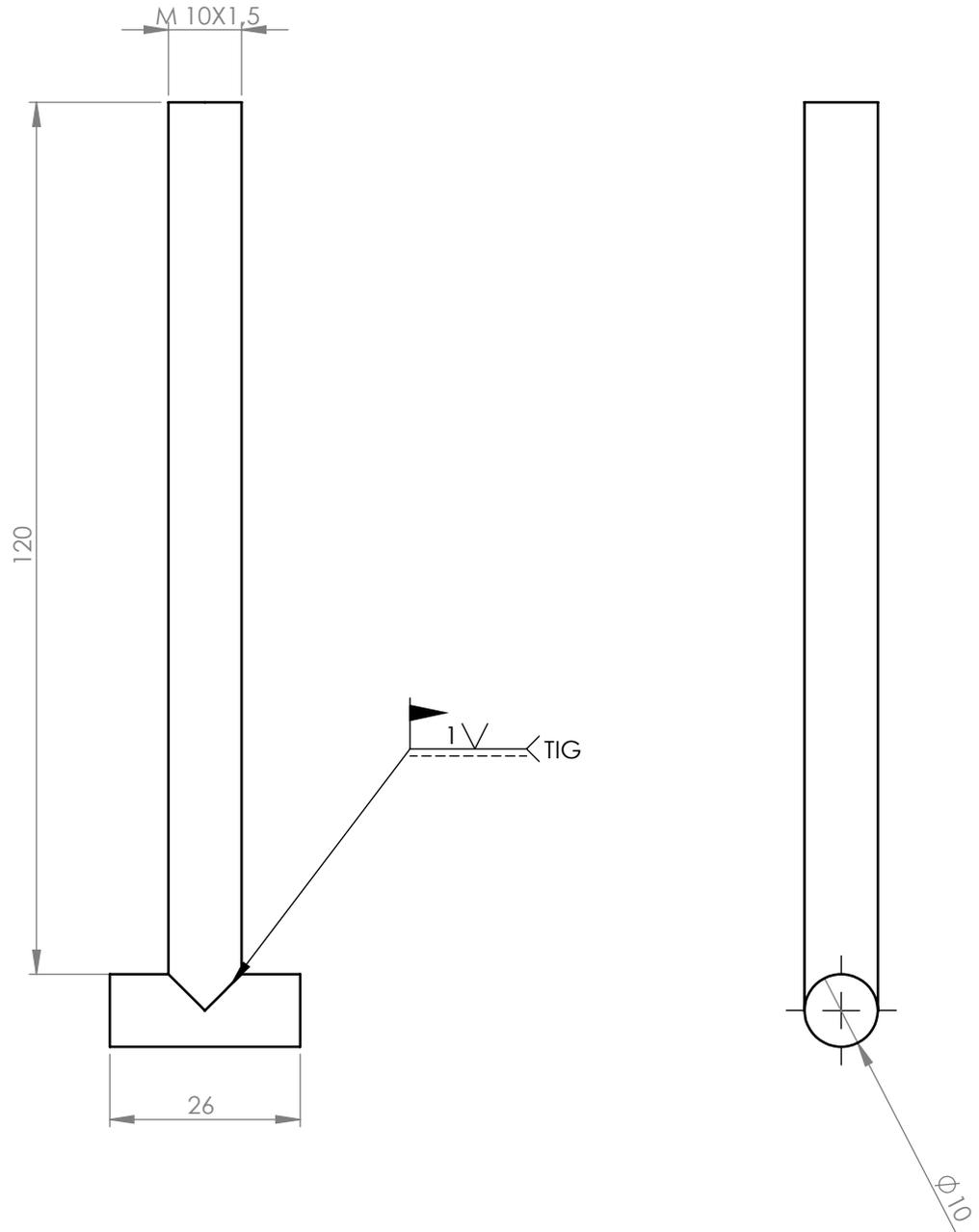
DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



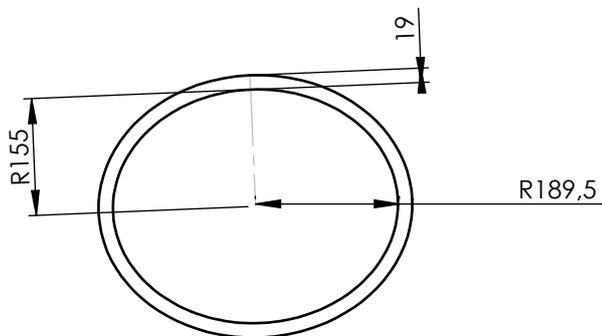
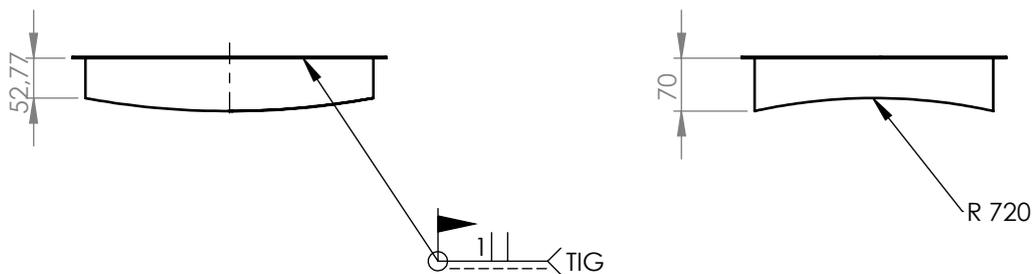
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 500X400X2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
TAPA MANHOLE	Escala: 1:10	10.3848.01.04.03		Tol. gral. ± 5



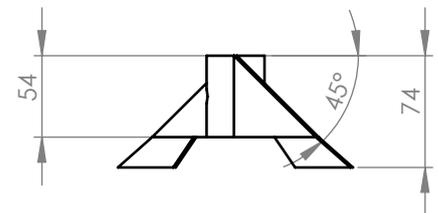
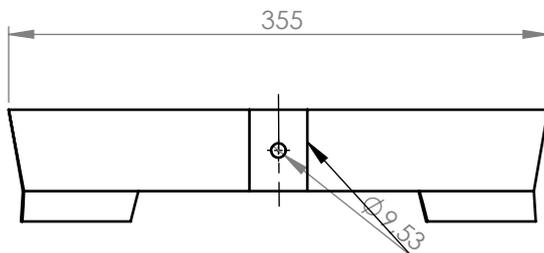
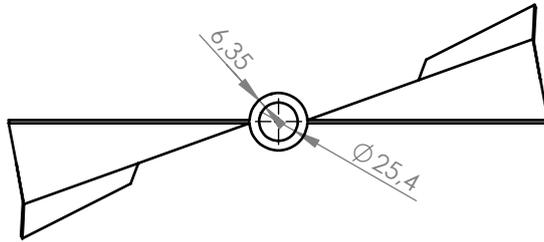
Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 400x600x6	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
BRAZO TAPA MANHOLE	Escala: 1:5	10.3848.01.04.04		Tol. gral. $\pm 1$



Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas M10 X120	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
PERNO SUJETAADOR 2	Escala: 1:1	10.3848.01.04.05		Tol. gral. ± 1

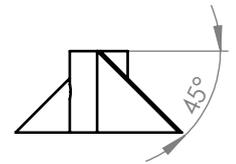
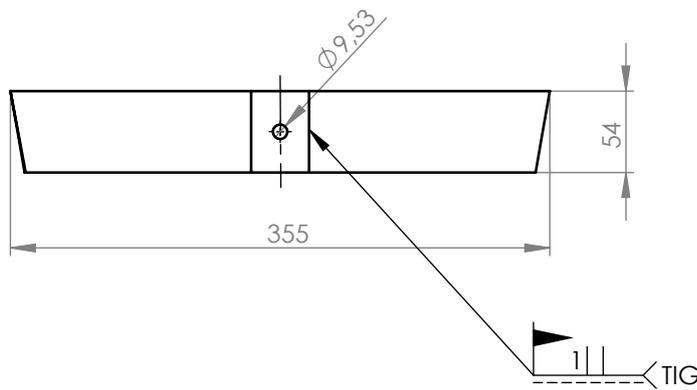
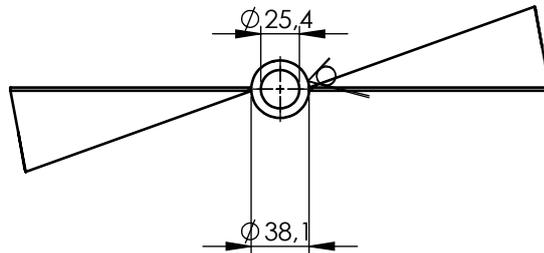


Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 800 X 100 X 2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		MANHOLE	Escala: 1:10	10.3848.01.04.06



Todos las uniones restantes se realizan con el mismo proceso

Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 400X60X2	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		IMPULSOR INFERIOR	Escala: 1:5	10.3848.01.04.07



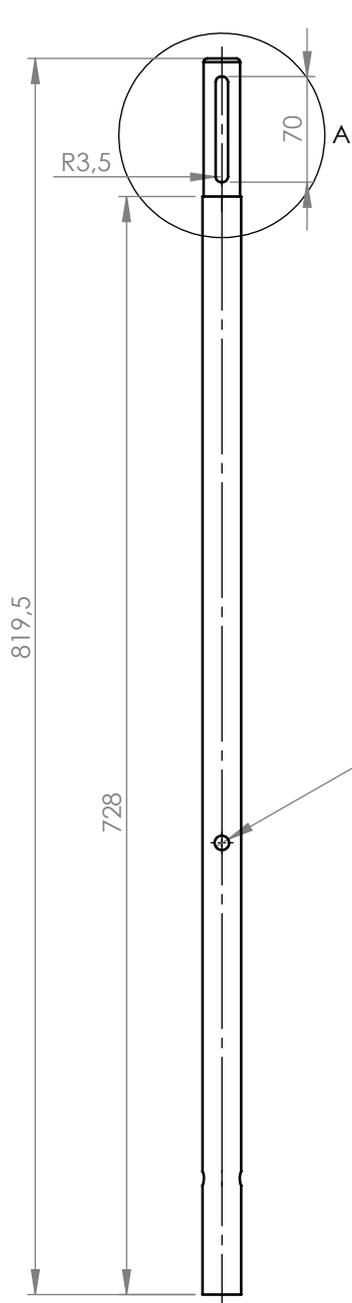
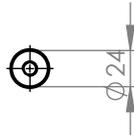
Para las uniones restantes se procede con el mismo procedimiento

Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 400x60x2	
Recubrimiento	S/D			
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
IMPULSOR SUPERIOR	Escala: 1:5	10.3848.01.04.08		Tol. gral. ± 5

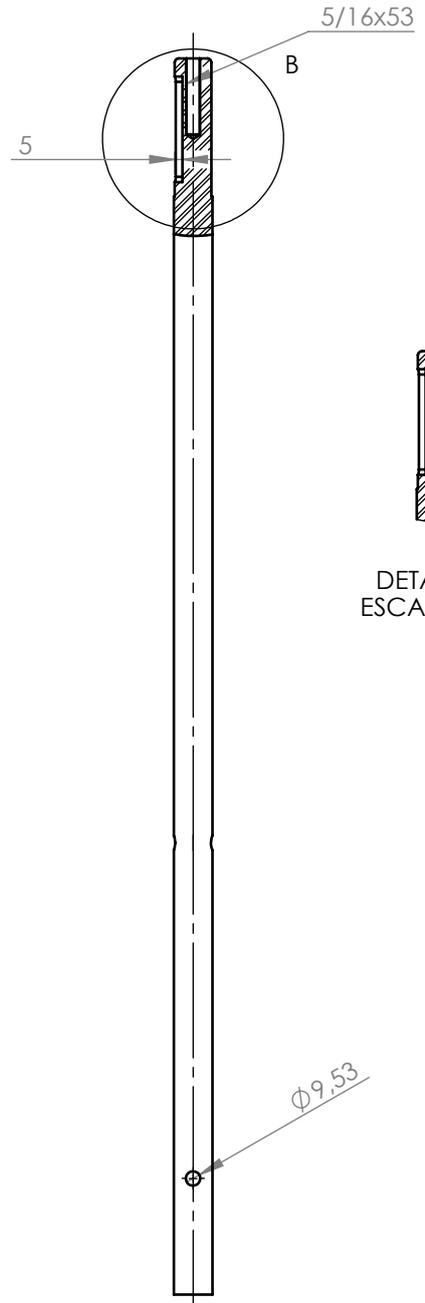
N8 Torneado  
N7  
C

N5

✓

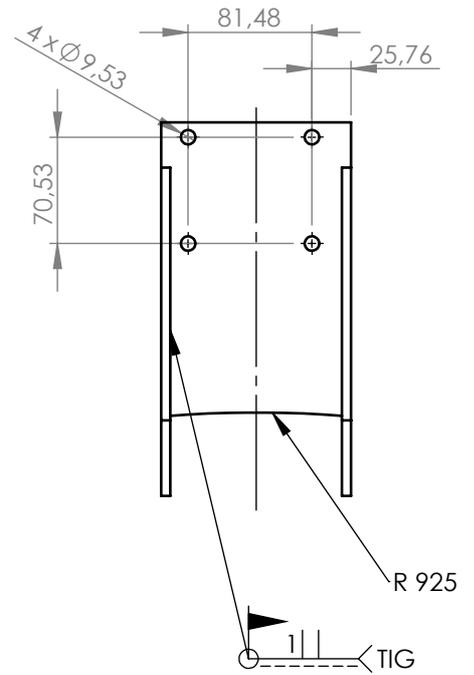
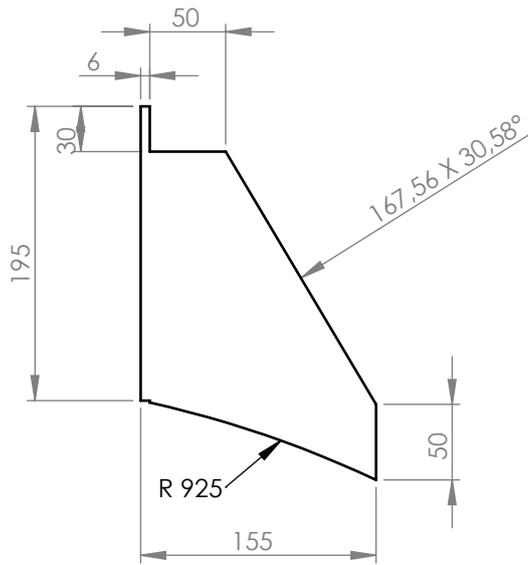


DETALLE A  
ESCALA 1 : 5



DETALLE B  
ESCALA 1 : 5

Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas Ø 1'X820	
Recubrimiento	S/D		Dis.	Jesús Chicaiza
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dib.	Jesús Chicaiza	31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami	
		EJE DEL AGITADOR	Escala: 1:10	10.3848.01.04.10



Las uniones restantes se procede con el mismo método

Tratamiento térmico	S/D	Material: AISI 304	Dim. Brutas 400x250x6
Recubrimiento	S/D		
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Dis.	Jesús Chicaiza 31/08/2020
		Dib.	Jesús Chicaiza 31/08/2020
		Rev.	Ing. Milton Jami
BASE MOTOREDUCTOR	Escala: 1:5	10.3848.01.04.11	Tol. gral. ± 1