

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

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

**TEMA: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO DE DOSIFICACIÓN DE
KÉFIR DE LECHE CON ACOPLAMIENTO A UN TANQUE CON
AGITACIÓN Y CHAQUETA TÉRMICA CON CAPACIDAD DE 120 L/H PARA
LA EMPRESA ASTIMEC S.A.**

AUTOR:

SÁNCHEZ REINOSO FABIÁN ANDRÉS

TUTOR:

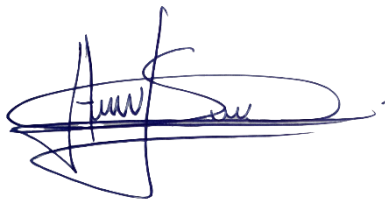
TOMÁS ISAÍAS IBUJÉS VILLACÍS

Quito, agosto del 2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Fabián Andrés Sánchez Reinoso, con documentos de identificación N°1714786736, 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 intitulado: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO DE DOSIFICACIÓN DE KÉFIR DE LECHE CON ACOPLAMIENTO A UN TANQUE CON AGITACIÓN Y CHAQUETA TÉRMICA CON CAPACIDAD DE 120 L/H PARA LA EMPRESA ASTIMEC S.A. , 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 nuestra 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.



.....
Fabian Andres Sanchez Reinoso
C.I.:1714786736

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN EQUIPO DE DOSIFICACIÓN DE KÉFIR DE LECHE CON ACOPLAMIENTO A UN TANQUE CON AGITACIÓN Y CHAQUETA TÉRMICA CON CAPACIDAD DE 120 L/H PARA LA EMPRESA ASTIMEC S.A., realizado por Fabián Andrés Sánchez Reinoso, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto del 2021



.....
Tomás Isaías Ibujés Villacís
C.I.: 0500904743

DEDICATORIA

Eres una mujer que, para describir todas tus virtudes, enseñanzas y valores, no me alcanzarían las palabras, te amo y no hay manera de devolverte todo lo que me has ofrecido. Esta tesis es un logro más que llevo a cabo, y sin lugar a duda ha sido en gran parte gracias a ti; no sé qué sería de mi sin tu apoyo, tus ánimos de luchar y tu amor siempre has sido y serás el pilar de mi existir por eso esta tesis te dedico a ti mi amada madre.

Fabián Andrés Sánchez Reinoso

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por ser esa energía que da sentido a la vida y me guía por el camino del bien.

Agradezco a mi madre, Emma Matilde Reinoso Garzón por su guía enseñanza ardua y ejemplo a seguir ya que por eso soy una persona de bien y me inspiro en ella para también llegar a ser un profesional tal como lo es ella.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, que fue mi segundo hogar en mi formación académica, a los docentes que compartieron sus conocimientos los cuales sirvieron de mucha ayuda para realizar este trabajo.

Agradezco al Ingeniero Tomás Isaías Ibujés Villacís, quien fue mi tutor, parte fundamental en mi trabajo de titulación. Gracias a su amplia experiencia en la industria y a sus sabios consejos que me servirán para mi vida profesional.

Agradezco al Ingeniero Leonardo Mejía, quien es un amigo incondicional que ha estado conmigo en las buenas y en las malas de toda mi carrera sabiendo aconsejarme a que siga adelante y concluir este peldaño en mi formación profesional.

Agradezco mi amigo Miguel Ramos, quien me ha brindado su ayuda desinteresada en todo el ámbito académico con su experiencia y todo su know-how que me ha sabido guiar para llegar al objetivo que me estoy trazando.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Prebiótico:** es un favorable desarrollo en bacterias que benefician el organismo del ser humano, con respecto al sistema digestivo. [1]
- **Tanque enchaquetado:** tanque con recubrimiento de aislante o del mismo material del tanque, con la finalidad de aislar el contenido del tanque con la temperatura del ambiente, la cual puede ser muy cambiante. [2]
- **Conducción térmica:** medio transmisor de calor por por contacto.
- **AISI 316:** denominación de los aceros inoxidable austeníticos, posee una alta capacidad de deformarse plástica, su composición química como se muestra en la Figura 37 [3].
- **Motorreductor ortogonal:** motor reductor con mecanismos de engranajes, para la adaptación de velocidad, el cual forma un ángulo de 90° entre los ejes.
- **Bomba de tornillo helicoidal:** bomba también conocida como bomba de tornillo helicoidal excéntrica, tiene un desplazamiento positivo, desplaza el fluido entre el tornillo y la camisa [4].

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
NOMENCLATURA	xvii
ANTECEDENTES.....	1
Planteamiento del problema.....	1
Justificación del proyecto.....	1
Objetivo general.....	1
Objetivos específicos	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I.....	4
1.1 Estado del arte sistemas para elaborar kéfir de leche	4
1.1.1 En España	4
1.2 Centro de la industria láctea en el Ecuador (CIL)	7
1.3 Agencia Nacional de regularización, Control y vigilancia sanitaria del Ecuador (ARCSA)	7
1.3.1 Infografía de datos del sector lácteo en el año 2018.....	8
1.3.2 Buenas prácticas de manufactura para micro y pequeñas empresas lácteas (BPM).....	9
1.4 Kéfir de leche.....	10
1.4.1 Historia del kéfir de leche.....	10
1.4.2 Importancia de kéfir de leche.....	10
1.4.3 Producción del kéfir de leche.....	12
1.5 Máquinas pasteurizadoras de leche.....	14

1.6	Sistemas de dosificadores	15
1.6.1	Bombas dosificadoras de diafragma	16
1.6.2	Bombas peristálticas	16
1.6.3	Bombas helicoidales o de tornillo helicoidal	17
1.7	Envasado de productos lácteos	17
1.7.1	Envasado aséptico Tetra Pak	17
1.7.1.1	Tetra classic aseptic	18
1.7.1.2	Tetra fino aseptic	18
1.7.1.3	Tetra wedge aseptic	18
1.7.1.4	Tetra rex.....	19
1.8	Tanques con agitación	19
1.8.1	Agitadores mecánicos	20
1.8.1.1	Agitadores de hélice	20
1.8.1.2	Agitadores de paletas.....	21
1.8.1.3	Agitadores de turbina	21
1.8.1.4	Agitadores tipo sin fin o cinta helicoidal.....	22
1.9	Tanques con sistemas de calefacción.....	23
1.9.1	Tanques con chaqueta térmica.....	23
1.9.2	Serpentín	23
CAPÍTULO II		25
2.1	Parámetros	25
2.1.1	Funcionalidad.....	25
2.1.2	Costo de materiales.....	25
2.1.3	Disponibilidad de materiales	25
2.1.4	Tiempo de construcción.....	25
2.1.5	Peso y movilidad.....	26
2.1.6	Montaje y mantenimiento	26

2.1.7	Construcción	26
2.2	Valoración de parámetros para la selección	26
2.2.1	Factores de importancia	26
2.3	Análisis de alternativas para el sistema de dosificación	27
2.3.1	Alternativa A: dosificador volumétrico	27
2.3.2	Alternativa B: dosificadores por pistón	28
2.3.3	Alternativa C: dosificación controlada por bomba de tornillo helicoidal	29
2.4	Matriz de decisión para el sistema de dosificación.....	29
2.5	Toma de decisión de alternativas para el sistema de dosificación.....	31
2.6	Análisis de alternativas para sistema de transferencia de calor en los tanques.....	32
2.6.1	Alternativa A: intercambiador de calor	32
2.6.2	Alternativa B: chaquetas o camisa térmicas	33
2.6.3	Alternativa C: resistencias térmicas.....	33
2.7	Matriz de decisión para el sistema de calefacción.....	34
2.8	Toma de decisión de alternativas para el sistema de calefacción	36
2.9	Análisis de alternativas para sistema de limpieza en los tanques	36
2.9.1	Alternativa A: bolas de pulverización o sprayball SB-5.....	36
2.9.2	Alternativa B: bolas de pulverización o sprayball SB-4.....	37
2.10	Matriz de decisión para el sistema de limpieza en los tanques.....	37
2.11	Toma de decisión de alternativas para el sistema de limpieza	40
2.12	Alternativas seleccionadas	40
CAPÍTULO III		41
3.1	Introducción.....	41
3.2	Diseño del cuerpo del tanque de preparación	41
3.3	Diseño del fondo del tanque de preparación.....	43
3.4	Cálculo correspondiente a la presión ejercida por el líquido en el tanque de preparación.....	45

3.4.1	Cálculo del espesor de la pared de la chaqueta del tanque	46
3.4.2	Cálculo del espesor de la pared del tanque de preparación	47
3.5	Selección del agitador.....	50
3.6	Selección del motor para el agitador del tanque de preparación	51
3.7	Diseño de soportes del tanque de preparación.....	52
3.8	Selección de la bomba de dosificación	55
3.9	Selección de la bomba de recirculación del agua	57
3.10	Diseño del cuerpo del tanque de almacenamiento.....	57
3.11	Mesa con boquilla de dosificación.....	58
3.12	Resumen de los equipos.....	59
3.13	Conexiones.....	60
CAPÍTULO IV		61
4.1	Tensión de von Mises del cuerpo del tanque de preparación.....	61
4.2	Coefficiente de seguridad del cuerpo del tanque de preparación	62
4.3	Tensión de von Mises del fondo del tanque de preparación	63
4.4	Coefficiente de seguridad del fondo del tanque de preparación.....	63
4.5	Tensión de von Mises de los soportes del tanque de preparación.....	64
4.6	Coefficiente de seguridad de los soportes del tanque de preparación	64
4.7	Deformación del cordón de suelda del tanque de preparación.	65
CAPÍTULO V		67
5.1	Análisis económico del proyecto	67
5.1.1	Costos directos	67
5.1.1.1	Costo correspondiente al diseño.....	67
5.1.1.2	Costo de materia prima	68
5.1.1.3	Costo de fabricación y maquinado.....	70
5.1.1.4	Costos indirectos	71
5.1.2	Ingresos tentativos por producción de kéfir de leche.....	72
CONCLUSIONES		74

RECOMENDACIONES	76
LISTA DE REFERENCIAS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Logo del organismo regulador de la industria láctea del Ecuador	7
Figura 2 Logo empresarial de la agencia de regulación sanitaria en el Ecuador	8
Figura 3. Acción del kéfir en el organismo	11
Figura 4. El kéfir forma parte de los mecanismos que inhiben la respuesta inflamatoria en una infección viral	12
Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de kéfir	13
Figura 6 Granulo de kéfir.....	14
Figura 7. Ilustración de bombas de diafragma proporcionadas por la marca Gaer ...	16
Figura 8. Funcionamiento de la bomba peristáltica	17
Figura 9. Desarrollo del fluido en el tornillo de una bomba helicoidal; A) Fase inicial; B) Fase media C) Fase final o salida del fluido	17
Figura 10. Envase tipo Classic Aseptic	18
Figura 11. Envase tipo Tetra Fino	18
Figura 12. Envase tipo Tetra Wedge	19
Figura 13. Envase tipo Tetra Rex	19
Figura 14.Mecánica de fluidos en tanques agitados	20
Figura 15. Agitador tipo hélice	21
Figura 16. agitador tipo paleta	21
Figura 17. Envase tipo turbina	22
Figura 18. Envase tipo cinta helicoidal	22
Figura 19. Recipiente enchaquetado.....	23
Figura 20. Serpentín helicoidal	24
Figura 21. Dosificador volumétrico	28
Figura 22. Dosificador por pistón	28
Figura 23. Bomba de tornillo helicoidal.....	29
Figura 24. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de dosificación.....	30
Figura 25. Barras de calificación correspondiente a las alternativas del sistema de dosificación.....	31
Figura 26. Intercambiador de calor	32
Figura 27. Tanque agitador para enfriamiento	33
Figura 28. Resistencia térmica	34

Figura 29. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de calefacción.....	35
Figura 30. Barras de calificación correspondiente a las alternativas del sistema de calefacción.....	36
Figura 31. Sprayball SB-5	37
Figura 32. Bolas de pulverización o Sprayball SB-4	37
Figura 33. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de limpieza.	38
Figura 34. Barras de calificación correspondiente al sistema de limpieza.	39
Figura 35. Dimensionamiento del cuerpo del tanque.	43
Figura 36. Dimensionamiento del cuerpo con fondo del tanque.	44
Figura 37. Límite de fluencia del acero inoxidable 316.	48
Figura 38. Lineamientos para el factor de seguridad.	49
Figura 39. Diseño del agitador helicoidal opción 1.	50
Figura 40. Diseño del agitador helicoidal con paso 180.	51
Figura 41. Motor agitador.	52
Figura 42. Medidas estandarizadas correspondientes a tubos cédula 40.	54
Figura 43. Tanque de preparación con soportes.	55
Figura 44. Bomba de tornillo helicoidal marca Inoxpa.	56
Figura 45. Diseño del tanque de almacenamiento.	58
Figura 46. Mesa de dosificación.	59
Figura 47. Simulación de esfuerzo Von Mises en el cuerpo del tanque de preparación.	61
Figura 48. Simulación del factor de seguridad en el cuerpo del tanque de preparación.	62
Figura 49. Simulación de esfuerzo von mises en el fondo del tanque de preparación.	63
Figura 50. Simulación del factor de seguridad en el fondo del tanque de preparación.	63
Figura 51. Simulación de esfuerzo von Mises en los soportes del tanque de preparación.....	64
Figura 52. Simulación del factor de seguridad en los soportes del tanque de preparación.....	65
Figura 53. Simulación de la deformación del tanque de preparación.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica tanque de refrigeración .	5
Tabla 2. Equipo para la elaboración de kéfir.	6
Tabla 3. Producción de leche cruda por provincia 2017 .	8
Tabla 4. Combinación de temperatura y tiempo en la pasteurización .	15
Tabla 5. Parámetros de calificación para el funcionamiento del sistema.	26
Tabla 6. Factores de importancia.	27
Tabla 7. Parámetros de calificación para el sistema de dosificación.	30
Tabla 8. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de dosificación.	31
Tabla 9. Parámetros de calificación para el sistema de calefacción.	34
Tabla 10. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de calefacción.	35
Tabla 11. Parámetros de calificación para el sistema de limpieza en los tanques.	38
Tabla 12. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de de limpieza en los tanques.....	39
Tabla 13. Alternativas seleccionadas.	40
Tabla 14. Especificaciones técnicas de la bomba de dosificación.	56
Tabla 15. Curva de prestaciones bomba jet Pedrollo.	57
Tabla 16. Equipos & características.....	59
Tabla 17. Tabla de costos.....	67
Tabla 18. Costos de diseño y mano de obra.....	68
Tabla 19. Costos de materia prima.....	68
Tabla 20. Costos de materiales electrónicos.	69
Tabla 21. Costos de materiales neumáticos.	70
Tabla 22. Detalles de costos de fabricación y maquinado.	71
Tabla 23. Detalles de costos indirectos.	72
Tabla 24. Costos de cada material.....	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Límite de fluencia del acero inoxidable 316.
Anexo 2. Medidas estandarizadas correspondientes a tubos cédula 40.....
Anexo 3. Especificaciones técnicas de la bomba de dosificación.....
Anexo 4. Curva de prestaciones bomba jet Pedrollo.
Anexo 5. Manual de mantenimiento.
Anexo 6. Planos.

RESUMEN

El presente proyecto está conformado por el diseño y simulación de un equipo de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica con capacidad de 120 litros en una hora para la empresa Astimec S.A.

En primer lugar, se realizó un estudio en donde se constató el estado actual de la producción de kéfir de leche a nivel nacional, cómo se realiza la producción, los recursos utilizados y la optimización de los recursos para la preparación de kéfir de leche y su importancia

En una primera instancia se seleccionó las alternativas que favorecen el aumento de la producción de kéfir de leche, se realizó un análisis en el cual se tomó la mejor alternativa de factibilidad, en base a las opciones más viables para satisfacer las necesidades de producción y económicas, para que el sistema funcione en conjunto es necesario que las partes que los componen funcionen correcta y eficazmente haciendo una sinergia en todas las funciones comprendidas. Por este motivo se evaluó todos los componentes con el objetivo de que se realice una selección correcta de los siguientes componentes críticos como: el sistema de dosificación, el sistema de transferencia de calor en los tanques, el sistema de limpieza, y la materia prima con la cual se construirá el sistema, la cual tendrá las características más adecuadas para su función la cual es la elaboración de un producto para el consumo humano, estas características están regidas por normas sumamente estrictas de asepsia y buenas prácticas de manufactura. Por último, se usó el programa de modelado 3D y simulación como son Inventor que es de suma importancia en el dimensionamiento y simulación correspondiente a los esfuerzos de los componentes críticos del sistema.

ABSTRACT

This project consists of the design and simulation of a milk kefir dosing equipment with coupling to a stirred tank and thermal jacket with a capacity of 120 liters in one hour for the company Astimec S.A.

In the first place, a study was carried out in which the current state of milk kefir production at the national level was verified, how production is carried out, the resources used and the optimization of resources for the preparation of milk kefir and its importance

In the first instance, the alternatives that favor the increase in the production of milk kefir were selected, an analysis was carried out in which the best feasibility alternative was taken, based on the most viable options to satisfy the production and economic needs. For the system to work as a whole, it is necessary that the parts that compose it work correctly and efficiently, making a synergy in all the functions included. For this reason, all the components were evaluated in order to make a correct selection of the following critical components such as: the dosing system, the heat transfer system in the tanks, the cleaning system, and the raw material with which will build the system, which will have the most appropriate characteristics for its function, which is the elaboration of a product for human consumption, these characteristics are governed by extremely strict standards of asepsis and good manufacturing practices.

Finally, the 3D modeling and simulation program such as Inventor was used, which is of utmost importance in the dimensioning and simulation corresponding to the stresses of the critical components of the system.

NOMENCLATURA

<i>A</i>	Área; [m ²]
<i>D</i>	Diámetro; [m]
<i>d</i>	Distancia [m]
<i>de</i>	Diámetro exterior del tanque de preparación; [m]
<i>e</i>	Espesor [m]
<i>E</i>	Módulo de elasticidad [GPa]
<i>g</i>	gravedad de la tierra; [m/s ²]
<i>H</i>	Altura; [m]
<i>Ing</i>	Ingresos mensuales [\$]
<i>Inv</i>	Inversión en la máquina [\$]
<i>L</i>	Longitud; [m]
<i>M</i>	Masa; [kg]
<i>P</i>	Presión; [N]
<i>P</i>	Carga; [kPa]
<i>r</i>	Radio; [mm]
<i>S</i>	Valor del esfuerzo del material [Pa]
<i>T</i>	Temperatura; [°C]
<i>Ti</i>	Tiempo de recuperación de la inversión [meses]
<i>t</i>	Espesor de pared del tanque de preparación; [m]
<i>V</i>	Velocidad; [m·s ⁻¹]
<i>V</i>	Volumen; [m ³]; [l]
<i>W</i>	Potencia; [W]

Subíndices

∞	Ambiente
<i>ac</i>	Acero
<i>ag</i>	Agua
<i>ai</i>	Aire
<i>ext</i>	Exterior
<i>ftp</i>	Fondo del tanque de preparación
<i>i</i>	Entrada

<i>int</i>	Interior
<i>k</i>	Kéfir
<i>lech</i>	Leche
<i>ta</i>	Tanque de almacenamiento
<i>tp</i>	Tanque de preparación

Símbolos griegos y constantes

σ_t	Esfuerzo tangencial ejercido por el kéfir de leche; [Pa]
σ_l	Esfuerzo longitudinal ejercido por el kéfir de leche; [Pa]
ρ	Densidad; [g/ml]
ε	Coefficiente de deformación; [adimensional]
π	Número pi [adimensional]
Δ	Variación [adimensional]
σ_{nm}	Esfuerzo normal máximo [Pa]

ANTECEDENTES

Planteamiento del problema

Una empresa al realizar un proceso manual o rudimentario sin considerar varios factores físicos y mecánicos incurre en gastos, los cuales se pueden disminuir haciendo una mejor utilización de la energía, en este caso un proceso automatizado y que se puede controlar, da como consecuencia una producción eficaz y sumamente rentable para la producción de pasteurización de kéfir de leche, por eso la implementación de un sistema basado en la selección apropiada del material y un análisis exhaustivo de todas las partes y ensambles que componen esta línea de producción, va a transformar completamente el proceso productivo en la elaboración de kéfir de leche, haciendo que se vuelva un proceso automatizado menos costoso y cumpliendo con normas que nos den el aval para producir alimentos.

Justificación del proyecto

Se propone este proyecto dedicado a diseñar y simular un sistema dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitador y chaqueta térmica con capacidad de 120 lt/h, ya que, es un tema de mi interés, cuento con el tiempo y los recursos técnicos, humanos, financieros y el acceso a la información necesaria para realizarlo y con esto dar solución a una necesidad en la industria del Ecuador.

El proyecto tendrá un alcance desde la fundamentación teórica hasta la simulación del sistema en sí.

Quedarán los conceptos teóricos planteados para en un futuro se expanda la investigación en otros proyectos, que se anexas con el fin de mejorar en base a la investigación los diferentes procedimientos tratados en este proyecto

Objetivo general

- Diseñar y simular un sistema de dosificación de kéfir de leche con acople a un tanque agitador con chaqueta térmica, con capacidad de 120 l/h, para optimizar eficientemente la producción de kéfir de leche.

Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual de la producción y las condiciones de dosificación del kéfir de leche.
- Determinar la alternativa idónea del diseño y simulación del sistema de elaboración de kéfir de leche.
- Diseñar los elementos, componentes y los materiales más convenientes para la construcción futura del sistema de dosificación
- Modelar el equipo de dosificación de kéfir de leche y sus elementos con el apoyo del Software especializado para observar los elementos que sufren más desgaste y así validar los resultados teóricos.
- Analizar el desempeño y rentabilidad del sistema de dosificación de kéfir de leche para comparar con el proceso manual.

INTRODUCCIÓN

El proyecto trata de la simulación y el diseño de un sistema de dosificación de kéfir de leche el propósito de este proyecto será la optimización de los recursos el cuidado del producto a fabricarse, así como el de la materia prima en esta sección vamos a describir todos los temas a tratar dando un resumen de todos los capítulos enfocándonos en las partes principales de cada uno.

El primer capítulo tendrá el estado del arte de sistemas dosificadores, conceptos fundamentales de lo que es el kéfir de leche, su importancia y las nociones preliminares del diseño de todos los componentes fundamentales del sistema.

En el segundo capítulo se realizará la selección de alternativas con el fin que el equipo de dosificación con acoplamiento a un tanque agitado con chaqueta térmica sea lo más óptimo posible.

En el tercer capítulo comprende los cálculos realizados en base a la fundamentación teórica con el objetivo que su diseño tenga una larga vida útil y estandarización en la producción.

El cuarto capítulo comprende la simulación y análisis de esfuerzos producidos en los componentes críticos los cuales son: el cuerpo del tanque, el fondo del tanque, los soportes del tanque, gracias a esto tenemos una predicción de fallos en el equipo a diseñar previamente a su construcción.

El quinto capítulo comprenderá un análisis financiero en el cual describirá costo beneficio de la realización de este proyecto teniendo en cuenta el valor de retorno de la inversión.

CAPÍTULO I

ENTES REGULADORES, FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL KÉFIR DE LECHE Y SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS

En el primer capítulo se presenta una revisión de artículos relacionados para la industria láctea. En primer lugar, se presenta el ente regulador de lácteos en el Ecuador junto al propósito específico de la entidad, el propósito de esta investigación es realizar el estudio del prototipo de dosificación de kéfir de leche con las características mencionadas y las propiedades que genera el proceso de producción con este elemento, prosiguiendo con las buenas prácticas de manufactura (BPM), después la presentación del producto a dosificar el cual es el kéfir de leche, se explica la importancia, sus propiedades y procesos de elaboración que a nivel país la producción a gran escala no existe, por este hecho sería un proceso pionero que se puede ir mejorando con el avance tecnológico en el transcurso de tiempo, también se presentan los procesos para la elaboración de productos lácteos fermentados, se exponen en breves rasgos las máquinas pasteurizadoras que tienen una íntima relación con el tema y su disponibilidad en el mercado nacional y los tipos que hay, las propiedades de pasteurización, tipos de pasteurización, sistemas dosificadores.

El capítulo finaliza con la presentación de los diferentes tipos de envasado de productos lácteos.

1.1 Estado del arte sistemas para elaborar kéfir de leche

1.1.1 En España

En países de europeos existe una gran demanda en consumo de kéfir como es el caso de España, según estudios de mercado realizados por IRI (Investigation Recurses International) en consumo de productos lácteos están en el segundo lugar con un 13% de consumidores, cada año aumenta su consumo [1].

Pallares M. [5], sostiene que los equipos que se necesitan para construir una planta de kéfir de leche a gran escala son, báscula para el pesaje de camiones, sistema de tuberías con filtrado de acero inoxidable, tanque des aireador, tanque de almacenamiento refrigerado a 4°C en agitación continua, separadores centrífugos de estandarización (clarificación y normalización), evaporador (concentrador de leche), dosificadores, caldera calefactora, homogeneizadores de válvula, maquinaria de pasteurización,

intercambiador de calor, bio reactor discontinuo de tanque agitado, dosificador de fermentos y otros componentes minoritarios, sistema de tuberías y dispensador de producto en los envases, termoformadora, termoselladora, etiquetadora/ codificadora, cámara de refrigeración [5].

Uno de los países que ha desarrollado la producción de alimentos a base de leche es Perú, que elabora normas para la fabricación de maquinaria con ayuda del Ministerio de Agricultura y Riego y cooperación de entidades extranjeras, dichas entidades realizan un arduo trabajo estandarizando el modo de elaboración de leche y sus derivados como por ejemplo el queso, el kéfir, la mantequilla y el yogur. En base a la tabla 1 se expone la ficha técnica de un tanque de refrigeración de lácteos que es un equipo que hace que permanezca la leche fría hasta su uso final [6].

Tabla 1. Ficha técnica tanque de refrigeración [6].

Ítems	Especificaciones
Marca	Fischer
Modelo	FISHER5000
Potencia (HP)	7,5
Capacidad (L)	5,000 3,500 y 1,000
Voltaje (V)	220
Suministro	monofásico
Vida útil (Años)	10
Peso (Kg)	80
Requiere para su instalación	Interruptor termo magnético de 60 A
Costo aproximado	1355955,00 \$

En Ecuador, debido a la demanda la producción de lácteos a gran escala está en constante desarrollo, pero particularmente la producción del kéfir de leche está en investigación, por esta razón se lo realiza de manera artesanal, pero existen algunas investigaciones que nos ayudan con valores preliminares para una posible construcción ayudándonos con la tecnología actual que está a nuestro alcance. En la tabla 2 se puede apreciar los equipos con los que cuenta una planta para la elaboración de kéfir, la capacidad que tiene esta planta lo regirá la línea final de producción la cual es de fermentación y es de 210 Litros.

Tabla 2. Equipo para la elaboración de kéfir[7].

Equipo	Descripción	Característica
Pasteurizador	Es un reactor tipo Bach, es un equipo de acero inoxidable que cuenta con un sistema de calentamiento indirecto ya que contiene una chaqueta de vapor que rodea el tanque, el vapor es suministrado a través de una caldera. Este equipo cuenta con un agitador que homogeneizará los aditivos que se suministran en la etapa de pasterización.	Altura: 0,8 m Diámetro: 1m Capacidad: 600 L Sistema de agitación: Palas planas inclinadas Número de paletas: 4 Potencia: 0,5 HP
Caldera	Caldero de tipo vertical que posee una chimenea en su estructura, el cual provee de calor necesario para los diferentes procesos que requiere transformación en la planta.	Combustible: diésel Diámetro: 0,80 m Longitud: 1,80 m Longitud de la chimenea: 1,20 m Diámetro de la chimenea: 0,25 m Calor generado: 30 KW Presión: 80-200 Psi
Tanque de recepción de leche	Recipiente de acero inoxidable que se fabrica para almacenar la materia prima, es decir, la leche recién ordeñada para el proceso de elaboración de kéfir, el mismo que deberá ser lavado cuidadosamente tras cada recolección.	Volumen: 0,24 m ³ Diámetro: 0,7 m Altura: 0,62 m Capacidad: 240 L
Fermentador	Equipo de acero inoxidable que cuenta con un serpentín en su interior en el que pasará agua como líquido de enfriamiento, además de poseer un agitador de 4 paletas, que homogeneizarán	Altura: 0,65 m Diámetro: 0,65 m Capacidad: 210 L Sistema de agitación: palas planas inclinadas Número de paletas: 4

	los aditivos al final del proceso. En este equipo se llevan a cabo 3 etapas que son: de enfriamiento previo, de fermentación láctica y fermentación alcohólica.	Potencia:0,25 HP Diámetro del serpentín: 0,5 m Longitud del serpentín: 15,7 m Número de espiras: 10
Envasadora	Equipo de acero inoxidable, sistema automático con una boquilla que dosifica el kéfir para el envase.	Número de boquillas: 1 Requerimientos eléctricos: 220 V

1.2 Centro de la industria láctea en el Ecuador (CIL)

En el Ecuador existe un Centro de la Industria Láctea (CIL), que tiene como objetivo general establecer las normas sanitarias que cuidan la salud de los consumidores de los productos lácteos en el Ecuador y de esta manera continuar con el suministro normal de lácteos de una buena calidad y un excelente factor nutricional, su logo se puede apreciar en la Figura 1 [8].



Figura 1 Logo del organismo regulador de la industria láctea del Ecuador [8].

1.3 Agencia Nacional de regularización, Control y vigilancia sanitaria del Ecuador (ARCSA)

En el Ecuador existe la agencia nacional de regularización, Control y vigilancia sanitaria como se puede visualizar en su logotipo (ver fig. 2) realiza visitas a plantas procesadoras de alimentos, las cuales deben contar con certificaciones en buenas

prácticas de manufactura (BPM) y así constatar que se cumpla la normativa técnica sanitaria [9].



Figura 2 Logo empresarial de la agencia de regulación sanitaria en el Ecuador [10].

En la resolución No. ARCSA-DE-067-2015-GGG de la normativa técnica sanitaria para alimentos procesados, menciona que ARCSA como ente regulador se encarga de expedir las normas técnicas sanitarias unificadas para plantas de alimentos procesados, empresas de distribución, comercialización, transporte de alimentos y empresas de alimentación colectiva [9].

1.3.1 Infografía de datos del sector lácteo en el año 2018

Según el Centro de la Industria Láctea del Ecuador (CIL) publica la infografía con los datos tomados de la cantidad de ordeños diarios que son 836.516, produciéndose un promedio de 6 litros por cada vaca dando un total de 5.022.056,00 litros/día de producción de leche cruda en el Ecuador, en la tabla 3 se muestran los valores correspondientes a la producción de leche por provincia del Ecuador [11].

Tabla 3. Producción de leche cruda por provincia 2017 [11].

Provincia	Litros / día
Total, país	5022056,00
Pichincha	1104852,00

Manabí	451985,00
Azuay	401764,00
Cañar	351544,00
Chimborazo	351544,00
Cotopaxi	301323,00
Tungurahua	301323,00
Bolívar	251103,00
Resto de provincias	1355955,00

La producción de leche en el Ecuador puede dividirse en las siguientes áreas:

- Mercado artesanal un 10% con un valor de 492787,00 l/día.
- Autoconsumo un 37% con un valor de 1844268,00 l/día.
- Industria formal 53% con un valor de 2685000,00 l/día.

Dentro del grupo de la industria formal (53%) se destina el 19% para leche de funda, 37% en quesos, 16% leche de cartón, 9% leche en polvo, 15% yogur y el 3% otros usos.

Este sector productivo alcanza 1121883712,00 (dólares) en ventas anuales [11].

1.3.2 **Buenas prácticas de manufactura para micro y pequeñas empresas lácteas (BPM)**

Según el artículo 42 del Código Orgánico de Organización de Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD, literal f, la responsabilidad de los gobiernos autónomos de cada provincia es fomentar la productividad y por eso en el ámbito de la industria láctea la prefectura de pichincha está comprometida con la creación de una secuencia de mecanismos para la gestión de calidad y así crear y fortalecer la producción láctea que corresponden a la provincia de Pichincha, con la implementación de la Guía de las Buenas Prácticas de Manufactura para micro y pequeñas Empresas Lácteas [12].

1.4 Kéfir de leche

1.4.1 Historia del kéfir de leche

El origen se remonta hace 7000 años, tiempo en el cual la acidificación de la leche fue la base para la innovación de un grupo alimenticio de esa época, contiene una mezcla compleja de ácido láctico, que está compuesto por bacterias de ácido acético y levaduras (microbiota compleja), su distribución fue a comienzos del siglo XX, en la capital de Rusia, Moscú [13].

García y Hernández [14], sostienen en clasificar los alimentos fermentados en: alimentos fermentados por mohos, alimentos fermentados por bacterias, Alimentos fermentados por mohos y levaduras, alimentos fermentados por cultivos mixtos [14].

El kéfir de leche es conocido también como “Champaña de leche” en la antigüedad fue llamada “bebida del profeta” que se lo realizaba con “granos del profeta Mahoma”, de esta manera se lo denominaba al fermento en esa época ya que él llevó a su pueblo la bebida fermentada [15].

En el kéfir existen exopolisacáridos funcionales producidos por el lactobacillus kefiranofaciens llamados kefiran que han demostrado ser beneficiosos para la salud humana además de bacterias lácticas que realizan el proceso de fermentación, éstas son las que corresponden al género Bacillus y de tipo enterobacterias, gracias a éste proceso de fermentación se deriva una gran variedad de bebidas y alimentos [16].

Según relatos los médicos rusos enviaron a una joven tecnóloga llamada Irina Sajarova para aprender, conocer sobre el inicio de dichos fermentos para iniciar fabricación tanto como en kéfir de leche y kéfir de agua, es ahí cuando la bebida fue expandiéndose por todo Moscú llegando al resto del mundo, además se fomentó la expansión del kéfir de agua llegando a expandirse en México con el nombre de “granos Tibi”[17].

1.4.2 Importancia de kéfir de leche

El kéfir es un excelente inhibidor de citocinas proinflamatorias en pacientes covid, la enfermedad Covid-19 comúnmente denominada SARS-Cov-2 ha sido el epicentro de la comunidad científica a partir del año 2019, muchos científicos y académicos han probado fármacos y compuestos antivirales para combatir el SARS-Cov-2 [18].

El contenido de probióticos que tiene el kéfir actúa localmente interactuando con el organismo, esto produce tres acciones importantes las cuales podemos observar en la Figura 3 literal a mejora de los agentes antioxidantes, literal b modulación de las Inmunocélulas previniendo el crecimiento viral, finalmente el literal c se observa que actúa produciendo un efecto antiinflamatorio reforzando las citocinas para que estas tengan mayor grado de inhibición a los virus [19].

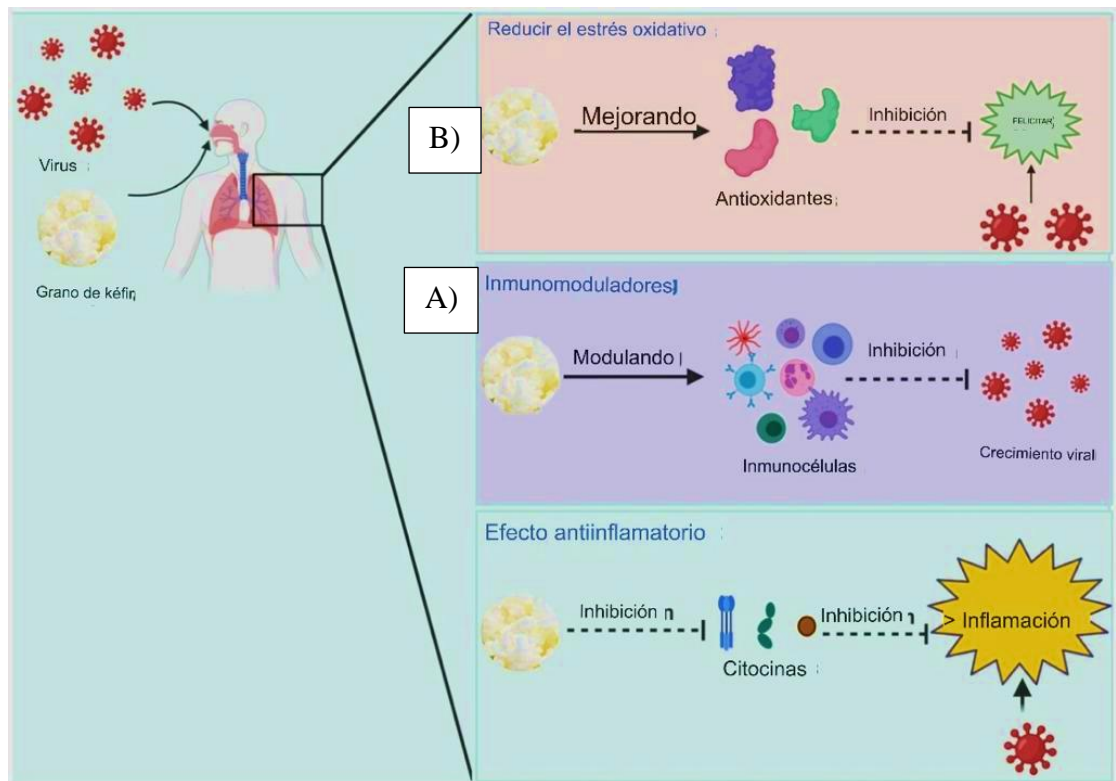


Figura 3. Acción del kéfir en el organismo [18].

Adiloğlu y Gönülateş [20]. Estudiaron el efecto en el sistema inmunológico al ingerir kéfir de leche, suministraron a una cantidad de 18 personas sanas durante 6 semanas y midieron los agentes inflamatorios y alérgicos los resultados mostraron un aumento en la polarización de la reacción inmune, después de la suplementación con kéfir de leche se presentó una mejora en la mucosa gastrointestinal, dando como resultado un sistema inmunológico eficaz en la flora intestinal ocasionando un beneficio saludable al consumir kefir de leche, como muestra en la Figura 4 que esquematiza la reacción producida por el kefir de leche dentro del organismo del ser humano al potenciar la respuesta inmune generando más citosinas y estas generen acciones inmunológicas [20].

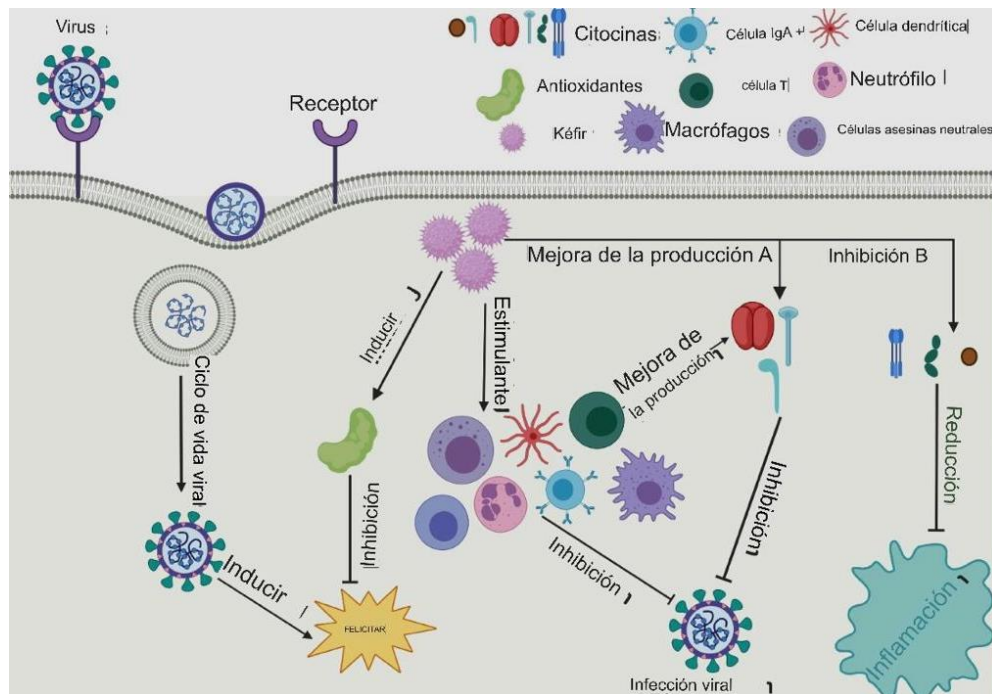


Figura 4. El kéfir forma parte de los mecanismos que inhiben la respuesta inflamatoria en una infección viral [18].

1.4.3 Producción del kéfir de leche

El kéfir de leche es una bebida a base de leche, producida por la fermentación de bacterias del género bacillus y de tipo enterobacterias como lo mencionamos anteriormente. Los pasos que se necesita para elaborar kéfir de leche están en el diagrama de flujo mostrado en la figura 5, que inicia mostrando el inicio recibiendo el producto para después pasar por diferentes procesos de estandarización como: filtrado, pasteurización, enfriado, desnatado, cultivo etc hasta llegar al proceso de fermentación, que realiza el control del ph hasta alcanzar la acidez deseada estabilizando la temperatura entre 35 °C – 40 °C temperaturas óptimas para seguir al siguiente proceso que es de filtrado, finalmente se lava el cultivo para posteriormente la elaboración de recetas [21].

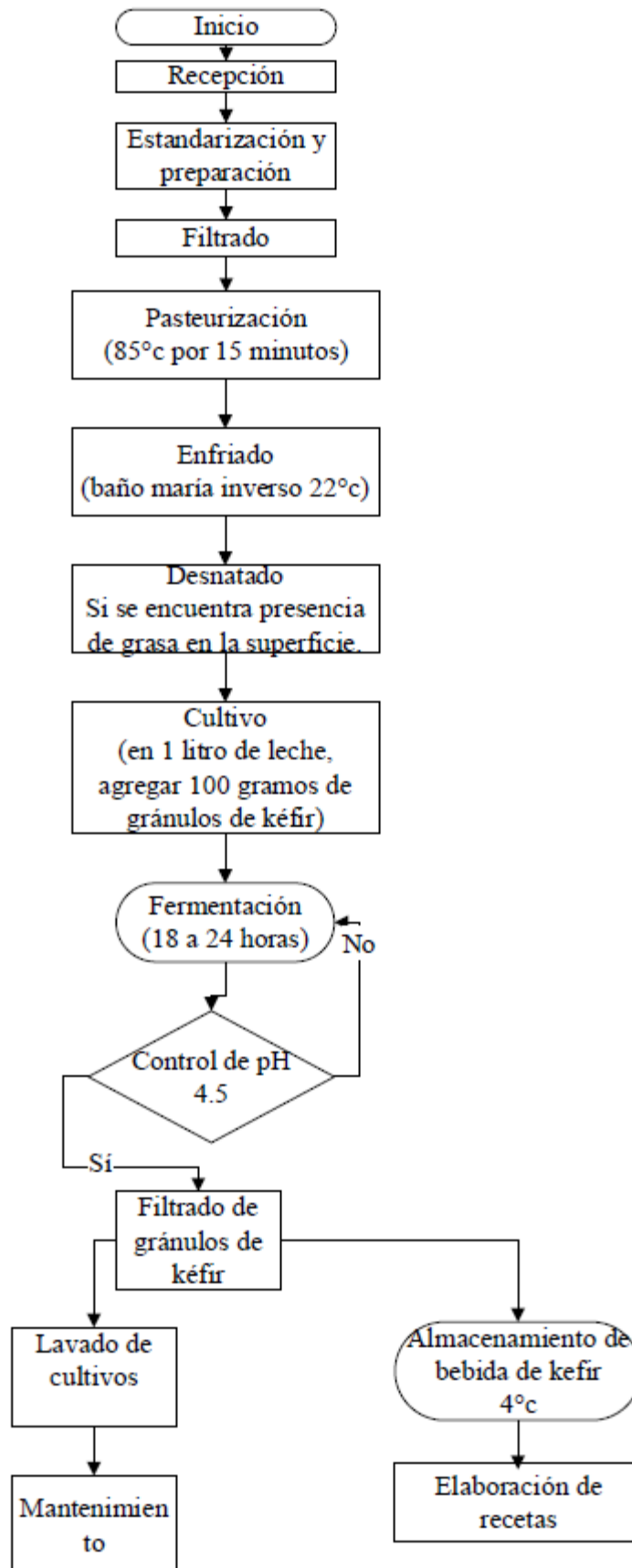


Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de kéfir [15].

El kéfir es originario de Rusia como lo hemos mencionado precisamente en Moscú, y se consume en gran cantidad, así como en otros Estados Soviéticos y toda Europa del Este. Para producir kéfir puede utilizarse leche de vaca, de oveja, de cabra y de búfalo, y este es comercializado en Europa bajo una variedad de nombres que son, kefer, knapon kéfir, kiafur, kefy, en la valoración del kéfir el inóculo utilizado es muy simple, forman bultos del tamaño de granos de arroz o más grandes que reciben el nombre de “gránulos de kéfir” [14].

Este inóculo de kéfir se puede producir en laboratorio o también realizando un tratamiento térmico que consisten en fermentación, enfriamiento, envasado y filtrado adoptando una forma granulada, se produjo por su misma contextura se encuentran en inercia sosteniéndose sobre si, por esta razón se puede volver a utilizar filtrando la leche que fermentan de los gránulos de kéfir y volver a repetir los ciclos de fermentación, hasta llegar a tener la forma similar a la de una coliflor como se lo observa en la Figura 6 [22].



Figura 6 Granulo de kéfir. [14].

1.5 Máquinas pasteurizadoras de leche

Los sistemas de pasteurizadoras tienen la función de eliminar todo agente patógeno que se encuentra por lo general en la leche de vaca cruda utilizando una combinación específica de tiempo y temperatura como lo indica en la tabla 4 [23].

Tabla 4. Combinación de temperatura y tiempo en la pasteurización [24].

Temperatura [° C]	Tiempo [S]
63	30
72	15
89	1.0
90	0.5
94	0.1
96	0.05

Las ventajas de este proceso son varias, una de ellas es evitar la alteración vitamínica y proteínica de la leche y por ende, no va alterar los elementos vitamínicos y proteínicos de los subproductos, elaborando estos con una mejor calidad y la más importante es la eliminación de los microorganismos patógenos que son la causa de enfermedades que se transmiten por los alimentos (ETA`s) [24].

1.6 Sistemas de dosificadores

En la actualidad, en Latinoamérica existen varias compañías como BOSCH GROUP, FESTO, REXROTH que se dedican a la construcción de dispositivos que automatizan procesos de manufactura tales como dosificadores e inyectores de líquidos, dosificar está presente en la vida diaria casi en todas las acciones un ejemplo en la industria farmacéutica la dosificación es combinar cantidades de medicinas para generar reacciones positivas en el cuerpo humano [25].

Los dosificadores pertenecen a un campo tan amplio en el ámbito industrial y su aplicación es muy diversa, por lo que se lo ha clasificado de acuerdo con su accionar en mecánicos, neumáticos y eléctricos.

En este proyecto nos enfocaremos en los dosificadores de líquidos principalmente los controlados mediante bombas dosificadoras y dentro de ellas están las bombas dosificadoras de diafragma y las bombas peristálticas [26].

1.6.1 Bombas dosificadoras de diafragma

Este tipo de bombas de potencia son bombas reciprocantes que combinan un sellado hermético para evitar la fuga del producto con una alta eficacia de la bomba de pistón, diseñadas para la dosificación de fluidos que no tengan partículas en estado sólido ya que podrían causar una avería en la bomba, estas bombas de diafragma están constituidas principalmente por: motor, caja del reductor, cabezal y válvulas como se puede apreciar en la figura 7 [27].



Figura 7. Ilustración de bombas de diafragma proporcionadas por la marca Gaer [28].

El funcionamiento de la bomba es mediante un diafragma flexible, el cual tiene un lado en contacto directo con el fluido que se está desplazando, el desplazamiento puede ser hidráulico o mecánico, este diafragma antes de ser evacuado se llena de líquido que está conformado de un mecanismo de ajuste de carrera y estos mecanismos son los que nos permiten cambiar dimensionamiento de dosificación [26].

1.6.2 Bombas peristálticas

Su forma de rodillo comprime el fluido por medio de un mecanismo de rotación 360°, esto prolonga la vida del material, son bombas de tipo hidráulico y permiten el desplazamiento de líquidos, estos líquidos se ubican en un tubo en forma de “C” que

es flexible, el desplazamiento se produce mediante un movimiento rotacional el cual va trasegando el líquido del interior hacia el exterior del tubo como lo vemos en la Figura 8 [29].

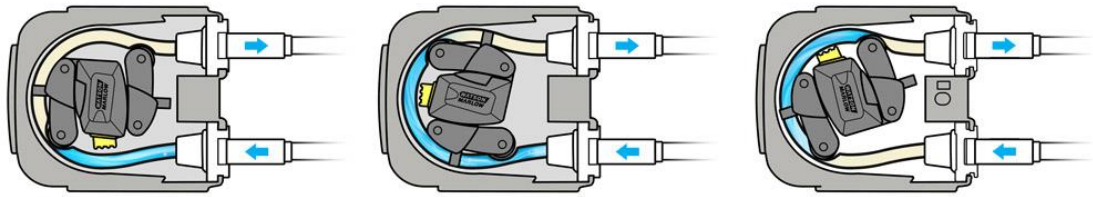


Figura 8. Funcionamiento de la bomba peristáltica [30].

1.6.3 Bombas helicoidales o de tornillo helicoidal

Su principio de funcionamiento es el desplazamiento del fluido mediante el tornillo helicoidal, también llamado rotor helicoidal el cual está dentro de un estator helicoidal, como podemos apreciar en la Figura 9 tenemos la naturaleza del desplazamiento [4].

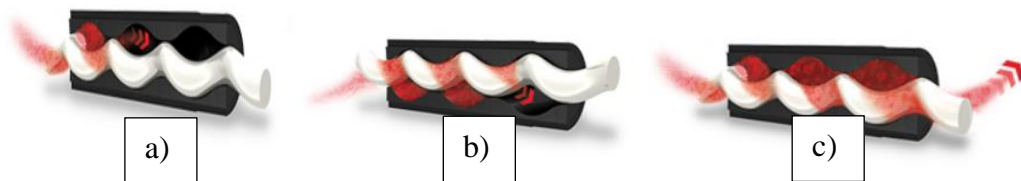


Figura 9. Desarrollo del fluido en el tornillo de una bomba helicoidal; A) Fase inicial; B) Fase media C) Fase final o salida del fluido [4].

1.7 Envasado de productos lácteos

El envasado es la fase más importante del proceso de la leche ultra pasterizada, ya que, la leche se almacena herméticamente y así se asegura la inocuidad del producto, es decir, se asegura que el producto no entre en contacto como agentes que puedan perjudicar su asepsia, con agentes patógenos provocadores de enfermedades a los consumidores [31].

1.7.1 Envasado aséptico Tetra Pak

Los envases o recipientes asépticos de la empresa Tetra Pak son los que tienen una capa de aluminio, que realiza la función de proteger al producto de microorganismos patógenos que puedan afectar al consumidor, protege también de la luz y el oxígeno. Estos recipientes son previamente esterilizados para cumplir con las normas de asepsia. Existen algunas marcas registradas de variedades de envases que son:

1.7.1.1 Tetra classic aseptic

Su geométrica tiene forma de tetraedro, presentan volúmenes que varían de 8 a 250 centímetros cúbicos. Fue creado en el año de 1952 y su versión aséptica se la implementó en el año de 1961 (ver fig. 10) [32].



Figura 10. Envase tipo Classic Aseptic [32].

1.7.1.2 Tetra fino aseptic

Tiene la forma de una almohada, se lo creó en el año de 1997 es un formato de bajo costo el cual utiliza volúmenes desde 250 hasta 500 centímetros cúbicos (ver fig. 11).



Figura 11. Envase tipo Tetra Fino [32].

1.7.1.3 Tetra wedge aseptic

Es óptimo para el envase de jugos, tiene una forma de base formado de cuatro lados en la parte superior con forma de cuña, este diseño se creó en 1996, el volumen que se utiliza actualmente es de 200 centímetros cúbicos (ver fig. 12).



Figura 12. Envase tipo Tetra Wedge [32].

1.7.1.4 Tetra rex

El envase tiene la forma rectangular, en la parte superior tiene forma de tejado, los volúmenes que presenta este tipo varían de 118 a 2000 centímetros cúbicos (ver fig. 13). [32]



Figura 13. Envase tipo Tetra Rex [32].

1.8 Tanques con agitación

Debido a que la agitación es diferente a la acción de mezclar, el primer término se refiere a obligar a la sustancia que siga un movimiento generalmente de forma circular en este recipiente o tanque, a diferencia del término mezclar que es la distribución al azar de dos fases que inicialmente están separadas para que después terminen formando una sola fase, por eso los tanques con agitación láctea realizan la función de aumentar la transferencia de calor de las sustancias que se encuentran dispersos en el tanque [33].

1.8.1 Agitadores mecánicos

Están conformados por un rodete unido a un eje que es accionado por un motor eléctrico. Estos se subdividen en dos clases, los que generan corrientes paralelas (agitadores de flujo axial) y los que dan origen a corrientes que se encuentran en dirección tangencial o radial (agitadores de flujo radial), las formas más importantes de agitadores son de tipo hélice, paletas y de turbinas en la Figura 14 mostramos algunos patrones de flujo que producen estos agitadores [34].

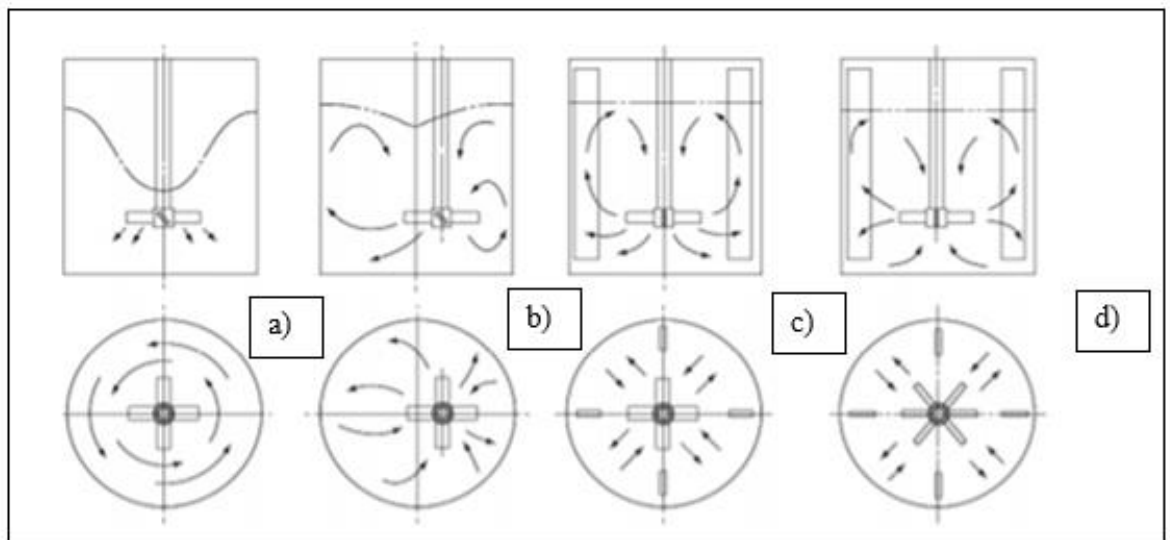


Figura 14. Mecánica de fluidos en tanques agitados (a) agitador concéntrico (b) agitación desfasada (c) agitador axial (d) radial [34].

1.8.1.1 Agitadores de hélice

Generan un componente radial en el plano de la pala que conlleva un gran componente rotacional, produciendo corrientes paralelas por eso pertenece a los agitadores de flujo axial, opera con una velocidad alta y se emplea para fluidos que tienen poca viscosidad. Son usados en tanques de gran tamaño en la figura 15 mostramos el agitador tipo hélice de 3 aspas [35].

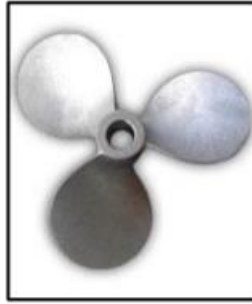


Figura 15. Agitador tipo hélice [34].

1.8.1.2 Agitadores de paletas

Poseen elementos impulsores de hojas cortas, girando a gran velocidad, además es un agitador muy eficaz para pequeños volúmenes. Su mecanismo se compone por una paleta plana que gira sobre un eje vertical que, por lo general está conectado a un motor, es de velocidad baja moderada. En la parte central del tanque, realiza la función de impulsar el líquido de forma radial y tangencialmente, sin que exista movimiento vertical con respecto del agitador, a menos que sea de posición diagonal o inclinada. Las corrientes que se generan se trasladan en dirección radial hacia la pared del tanque y después siguen hacia arriba o hacia abajo en la figura 16 se muestra un agitador de tipo paletas [36].

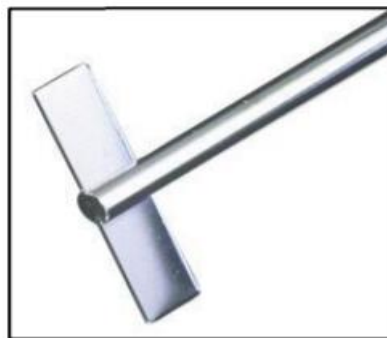


Figura 16. agitador tipo paleta [34].

1.8.1.3 Agitadores de turbina

Adecuados cuando se necesita potencia de agitación, presenta características similares al agitador de paleta a diferencia que este agitador tipo turbina presenta múltiples paletas que pueden tener diferentes características, como diferentes ángulos de inclinación, el rodete puede ser, abierto, semi cerrado o cerrado por este hecho puede alcanzar altas velocidades cómo lo podemos ver en la Figura 17 [37].

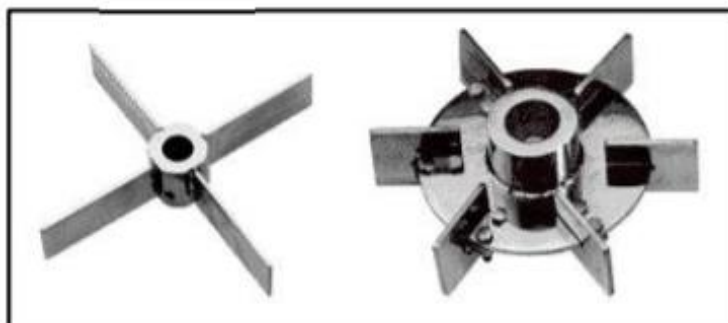


Figura 17. Envase tipo turbina [34].

1.8.1.4 Agitadores tipo sin fin o cinta helicoidal

En el mercado existe una gran variedad de agitadores tipo sin fin o cinta helicoidal, se pueden utilizar en procesos de emulsión y dispersión, donde es necesario trabajar a velocidades altas o bajas sin dañar el producto lo que lo hace llamativo en la industria láctea por su cuidado en el fluido, estos pueden variar su forma de acuerdo con la densidad del producto ya que estos agitadores se utilizan en productos de alta densidad o líquidos viscosos que presenten partículas sólidas, una característica importante es la posibilidad de distribuir su agitación en sentido vertical e inclinado según sea el caso. En la Figura 18 se puede observar un ejemplo agitador tipo cinta helicoidal [38].



Figura 18. Envase tipo cinta helicoidal [39].

1.9 Tanques con sistemas de calefacción

La calefacción es importante cuando se requiere disminuir el grado de viscosidad y así aumentar la fluidez del producto esto se lo hace para facilitar la agitación y cumplir con una temperatura dada para realizar la pasteurización [34].

1.9.1 Tanques con chaqueta térmica

La chaqueta térmica o encamisado se denomina al doble fondo que hay en el tanque que está entre el cuerpo del tanque y la envoltura de la chaqueta, el propósito de este sistema principalmente es la calefacción del contenido del tanque principal, a diferencia del serpentín este sistema no es muy eficiente y presenta dificultades para su limpieza debido a que el acceso a la camisa es limitado según Rodríguez [34], un serpentín tiene mayor intercambio de calor exactamente un 125% más que la chaqueta térmica en la Figura 19 podemos apreciar un tanque que tiene chaqueta térmica donde D_3 representa el diámetro y N representa la altura [2].

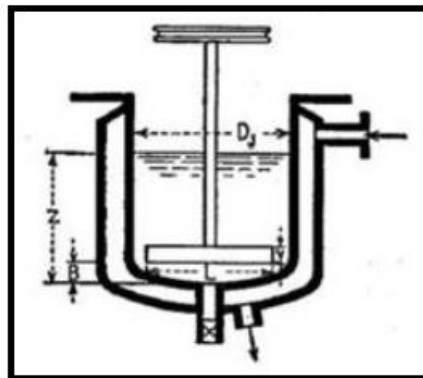


Figura 19. Recipiente enchaquetado[2].

1.9.2 Serpentín

Es un sistema muy eficaz compuesto por un simple tubo el cual tiene la forma de la envoltura del tanque y para transmitir la temperatura debe tener contacto con el fluido. Se clasifican en serpentines estampados, serpentines tubulares, serpentines helicoidales y serpentines tipo horquilla. En la figura 20 se muestra un serpentín de forma helicoidal [40].

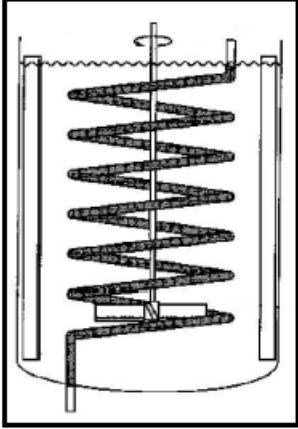


Figura 20. Serpentín helicoidal [34].

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este capítulo se realizará la selección de alternativas con el fin de que el prototipo de dosificación con acoplamiento a un tanque agitado con chaqueta térmica sea lo más óptimo posible, este análisis se lo hará de acuerdo con los parámetros y su explicación que se presenta a continuación:

- Funcionalidad.
- Costo de materiales.
- Disponibilidad de materiales.
- Tiempo de construcción.
- Peso y movilidad.
- Montaje y mantenimiento.
- Construcción.

2.1 Parámetros

2.1.1 Funcionalidad

En este ítem se estudiarán diferentes aspectos, que se relacionan al trabajo fundamental que el sistema debe realizar, los cuales son dosificar, calentar y almacenar.

2.1.2 Costo de materiales

El costo de los materiales pertenecientes a la elaboración del prototipo, sistema de dosificación y chaqueta térmica con calefacción. Ésta debe ser de menor precio y de un buen material contando con una buena resistencia en función del tiempo.

2.1.3 Disponibilidad de materiales

Para la selección del material, se tiene que ajustar a lo que existe en el mercado local, que cuenten con facilidades de adquisición los diferentes dispositivos que se van a utilizar. La adquisición de todos los elementos se lo realizará en distribuidores locales más cercanos, sin utilizar proveedores que no estén en nuestro alcance.

2.1.4 Tiempo de construcción

En este ítem se describen diferentes opciones para el diseño del sistema, tomando muy en cuenta el lapso que se demorará en construir.

2.1.5 Peso y movilidad

El sistema en conjunto debe tener facilidad de movilidad, para facilitar al operario el momento de su traslado.

2.1.6 Montaje y mantenimiento

Los sistemas deben acoplarse entre sí para tener un mejor funcionamiento y que en conjunto funcionen correctamente.

2.1.7 Construcción

Se considera que sea de fácil construcción para cumplir con los tiempos establecidos de entrega facilitando su manejo y mantenimiento al operador.

2.2 Valoración de parámetros para la selección

La valoración será de acuerdo con una calificación del 1 al 10 con las especificaciones señaladas en la tabla 5

Tabla 5. Parámetros de calificación para el funcionamiento del sistema.

Ponderación	Descripción
1-2	Inaceptable
3-5	Malo
6-8	Aceptable
9-10	Excelente

Elaborado por: Fabian Sánchez

2.2.1 Factores de importancia

Se muestra una escala que van del 1 al 5 para representar la importancia que tienen estos factores dentro de los sistemas a diseñar, siendo 5 para mayor importancia y 1 para menor importancia como lo podemos apreciar en la tabla 6.

Tabla 6. Factores de importancia.

Parámetros	Valores	Justificación
Funcionalidad	5	es de alta importancia debido a que involucra la cualidad de que el sistema se lo pueda operar fácilmente.
Costo de materiales	1	Es de baja importancia debido a que son valores recuperables
Disponibilidad de material	4	Es de alta importancia debido a que involucra su construcción
Tiempo de construcción	1	Es de baja importancia debido a que el tiempo de construcción es variable
Peso y movilidad	4	De alta importación debido a que aporta un beneficio al sistema
Montaje y mantenimiento	4	De alta importancia debido a que contribuye a que su vida útil se prolongue
Construcción	4	De alta importancia debido a que en la construcción es prácticamente se decide si se lo realiza o no

Elaborado por: Fabian Sánchez

2.3 Análisis de alternativas para el sistema de dosificación

2.3.1 Alternativa A: dosificador volumétrico

Su función es dosificar ciertos productos que en sus características físicas sean homogéneos. En su forma, peso y tamaño tienen la capacidad de dosificar una gran variedad de harinas o cereales. Un ejemplo representativo lo podemos apreciar en la figura 21 [41].

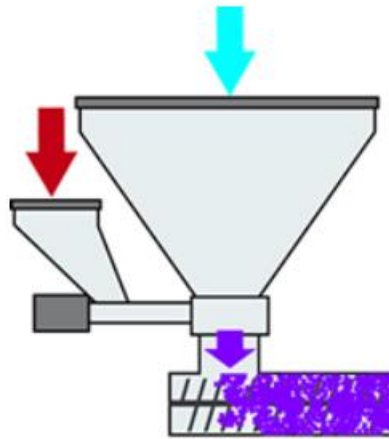


Figura 21. Dosificador volumétrico [42].

Una de sus principales características del dosificador volumétrico es dosificar grandes cantidades en un corto lapso por medio de la rotación de un tornillo sin fin el cual libera una determinada cantidad de producto por cada vuelta, su desventaja radica en la exactitud del ingreso del producto, por eso se utiliza comúnmente para productos sólidos de forma irregular.

2.3.2 Alternativa B: dosificadores por pistón

En este dosificador por pistón el volumen está determinado por la geometría y del cilindro, este cilindro es llenado con el producto que es suministrado por el sistema de alimentación conformado por la tolva (ver Figura 22) [43].



Figura 22. Dosificador por pistón [44].

Su ventaja es el control específico de su volumen a dosificar ya que de eso depende la carrera del cilindro, en el mercado existe una gran variedad de marcas, que ofrecen diferentes distancias en carrera y diámetros de cilindros. En cambio, su desventaja es ejercer presión en el fluido a dosificar afectando nuestra alternativa B generando alguna posibilidad de que nuestro producto el cual es de carácter alimenticio y muy susceptible a cambios que conlleven a que el producto se eche a perder.

2.3.3 Alternativa C: dosificación controlada por bomba de tornillo helicoidal

Se utiliza cuando se tiene que dosificar fluidos de baja y de alta densidad, acompañados de partículas blandas en suspensión, la bomba es controlada electrónicamente mediante un PLC para su dosificación adecuada. En la figura 23 se muestra una bomba helicoidal que se le conoce también como bomba de tornillo helicoidal [45].



Figura 23. Bomba de tornillo helicoidal[45].

Una de las ventajas más importantes de la bomba de tornillo helicoidal es que desplaza el fluido por medio de un tornillo de acero inoxidable sin maltratar el fluido.

2.4 Matriz de decisión para el sistema de dosificación

Los parámetros de calificación son una ponderación que van a ayudar a una buena selección del sistema de dosificación, en la Tabla 7 podemos apreciar los parámetros que tendrá la matriz.

Tabla 7. Parámetros de calificación para el sistema de dosificación.

Parámetros	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Funcionalidad	5	8	10
Costo de materiales	5	5	4
Disponibilidad de material	5	6	5
Tiempo de construcción	10	10	10
Peso y movilidad	5	6	10
Montaje y mantenimiento	9	9	10
Construcción	10	10	10

Elaborado por: Fabian Sánchez

Se puede visualizar el diagrama de ponderación de las alternativas que están evaluándose, para llegar a la conclusión de que la alternativa C del diagrama de barras, es la más viable, (ver Figura 24).

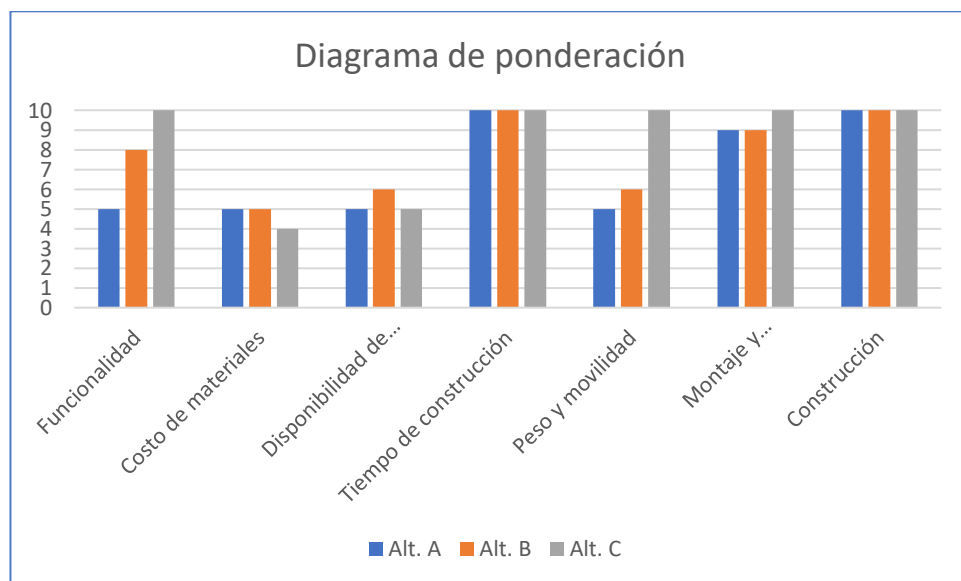


Figura 24. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de dosificación.

Para una mejor decisión se cotejarán los parámetros de calificación con los factores de importancia como se puede apreciar en la Tabla 8

Tabla 8. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de dosificación.

Parámetros	Importancia	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Funcionalidad	5	5	8	10
Costo de materiales	1	5	5	4
Disponibilidad de material	4	5	6	5
Tiempo de construcción	1	10	10	10
Peso y movilidad	4	5	6	10
Montaje y mantenimiento	4	9	9	10
Construcción	4	10	10	10
TOTAL		49	54	59

Elaborado por: Fabian Sánchez

Se puede observar las calificaciones de cada alternativa presentada, que servirán para la toma de decisión, ver Figura 25.

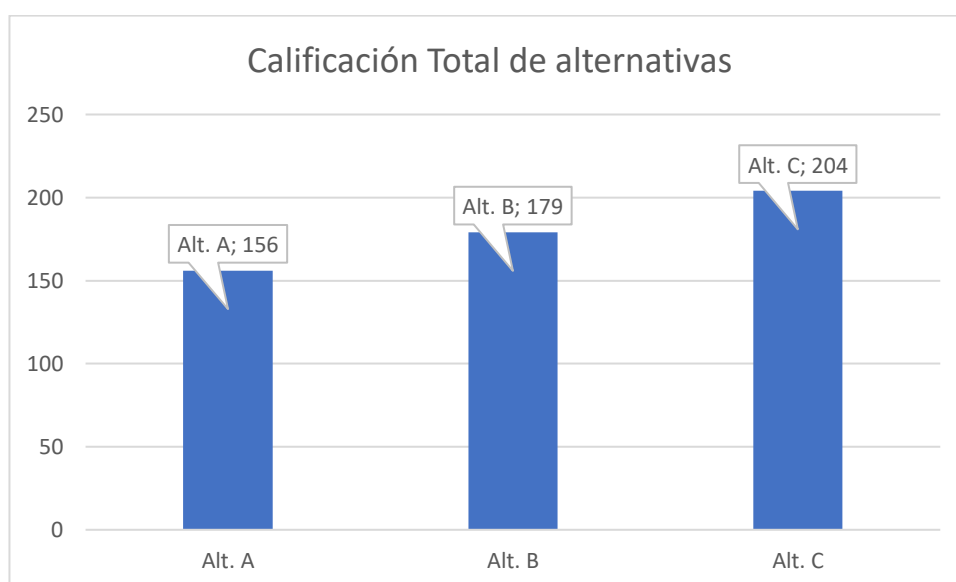


Figura 25. Barras de calificación correspondiente a las alternativas del sistema de dosificación.

2.5 Toma de decisión de alternativas para el sistema de dosificación

Según las calificaciones obtenidas a través de los diagramas de barras generados, la mejor opción a tomar es el sistema de dosificación por medio de una bomba helicoidal

por la característica fundamental que tiene este sistema y que es el cuidado del producto que no se va a maltratar tomando en cuenta que es un producto delicado de carácter alimenticio y simplemente va a realizar un desplazamiento del fluido evitando que el sistema ejerza fuerza sobre él, por eso la alternativa C ha obtenido la máxima calificación de 204, como se observa en la figura 25.

2.6 Análisis de alternativas para sistema de transferencia de calor en los tanques

2.6.1 Alternativa A: intercambiador de calor

Es un sistema muy eficiente para transferencia de calor. Existe una gran variedad en el mercado. El sistema consiste en una coraza que contiene dos secciones, entre ellas se producirá el intercambio de calor como lo podemos apreciar en la figura 26. Un intercambiador de calor que presenta las dos secciones, la una corresponde al fluido que se va a calentar siendo la otra sección el ente calefactor.

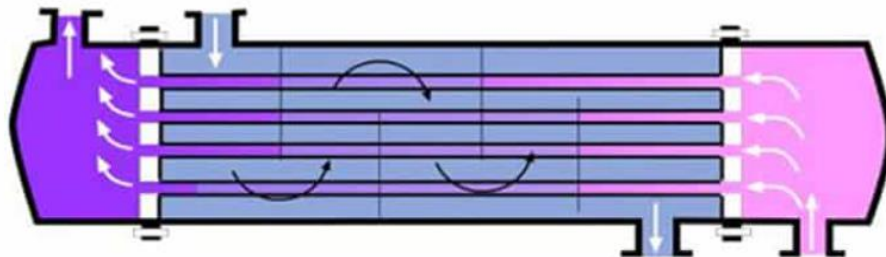


Figura 26. Intercambiador de calor [46].

Una de sus ventajas y las principales características del intercambiador de calor es la velocidad de calefacción, en cambio su desventaja es que, aparte de que el producto tendría que ingresar en el intercambiador de calor complicando la limpieza, sí necesitaría adicionalmente una bomba con la función de la recirculación del fluido y por eso implicará costos adicionales.

2.6.2 Alternativa B: chaquetas o camisa térmicas

En el mercado existe una gran variedad de chaquetas de transferencia de calor que son de gran utilidad para calentar el contenido del tanque o enfriarlo como lo podemos observar en la figura 27, este sistema se adecúa a cualquier tanque y es de fácil instalación.

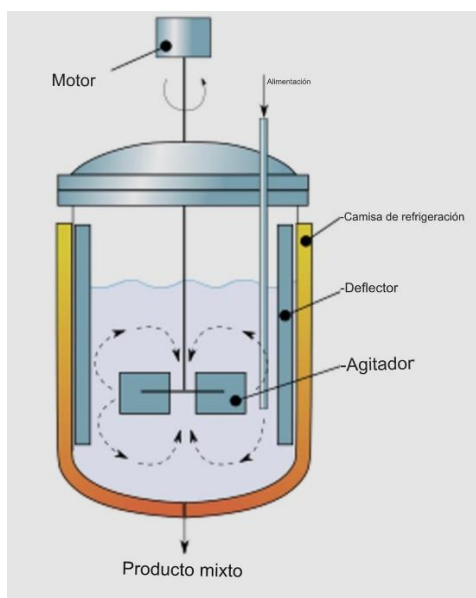


Figura 27. Tanque agitador para enfriamiento [47].

Una de las ventajas más importantes de las chaquetas térmicas es que el sistema no tiene contacto con el producto que contiene el tanque por eso el sistema está enfocado en productos para el consumo humano.

2.6.3 Alternativa C: resistencias térmicas

Este sistema utiliza el principio de funcionamiento de una ducha por generar energía en forma de calor, se alimentan con voltaje de corriente alterna. Según la capacidad que se requiera varían sus dimensiones, pueden alcanzar altas temperaturas. En la figura 28 se puede observar un ejemplo de resistencia térmica o comúnmente llamada resistencia cartucho.



Figura 28. Resistencia térmica [48].

Su ventaja es su alta capacidad calorífica, que se puede adecuar según las necesidades que se requieran, en cambio su desventaja es que debe tener contacto con el fluido que se requiera calentar.

2.7 Matriz de decisión para el sistema de calefacción

Los parámetros de calificación son una ponderación que van a ayudar a una buena selección del sistema de transferencia de calor en los tanques, en la Tabla 9 podemos apreciar los parámetros que tendrá la matriz.

Tabla 9. Parámetros de calificación para el sistema de calefacción.

Parámetros	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Funcionalidad	3	10	8
Costo de materiales	3	4	5
Disponibilidad de material	3	5	6
Tiempo de construcción	9	10	10
Peso y movilidad	4	10	6
Montaje y mantenimiento	8	10	9
Construcción	10	9	9

Elaborado por: Fabian Sánchez

Se puede visualizar el diagrama de ponderación de las alternativas que están evaluándose para llegar a la conclusión de que la alternativa B del diagrama de barras es la más viable (ver Figura 29).

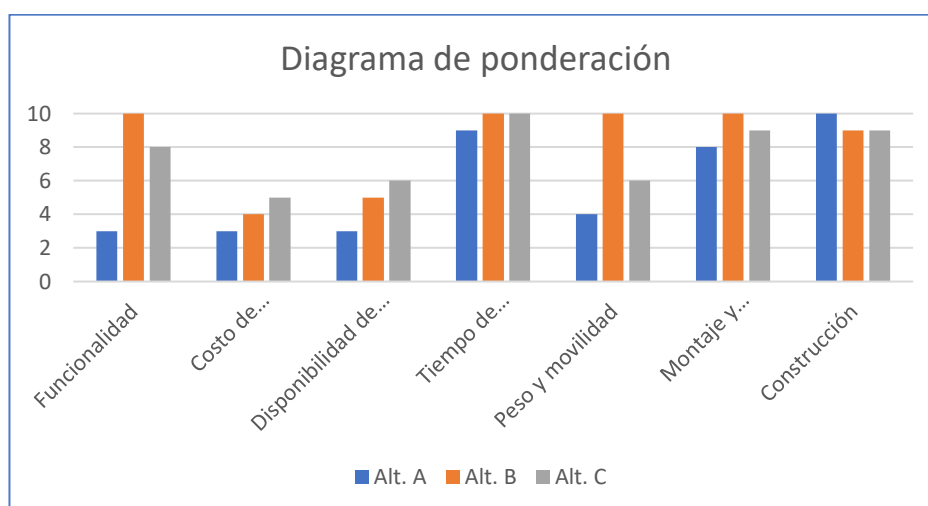


Figura 29. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de calefacción.

Para una mejor decisión se cotejarán los parámetros de calificación con los factores de importancia como se puede apreciar en la Tabla 10

Tabla 10. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de calefacción.

Parámetros	Importancia	Alt. A	Alt. B	Alt. C
Funcionalidad	5	3	10	8
Costo de materiales	1	3	4	5
Disponibilidad de material	4	3	5	6
Tiempo de construcción	1	9	10	10
Peso y movilidad	4	4	10	6
Montaje y mantenimiento	4	8	10	9
Construcción	4	10	9	9
TOTAL		40	58	53

Elaborado por: Fabian Sánchez

Se puede observar las calificaciones de cada alternativa presentada que nos servirán para la toma de decisión (ver Figura 30).

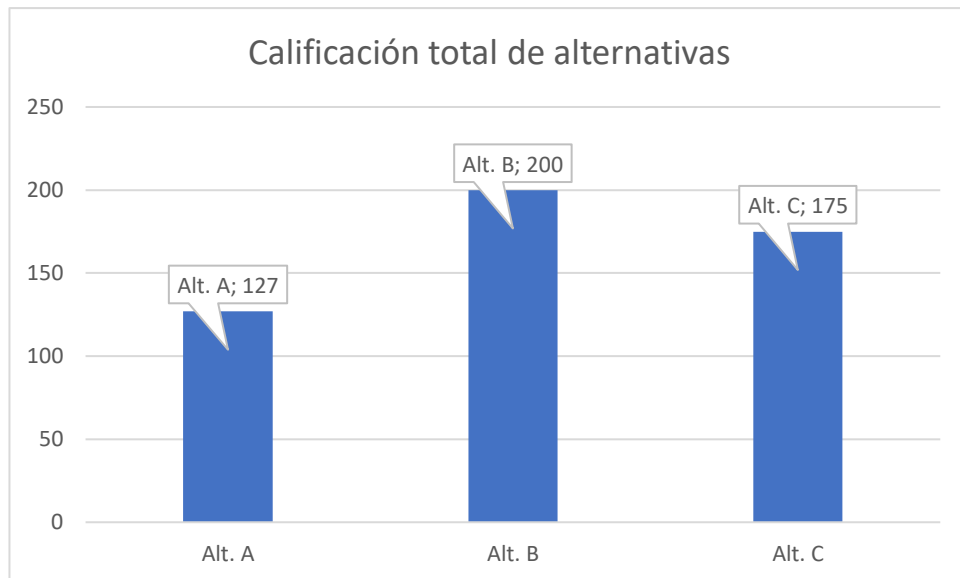


Figura 30. Barras de calificación correspondiente a las alternativas del sistema de calefacción.

2.8 Toma de decisión de alternativas para el sistema de calefacción

Según las calificaciones obtenidas a través de los diagramas de barras generados reflejan que la mejor opción a tomar es el sistema de transferencia de calor mediante chaqueta térmica por su facilidad de instalación, funcionalidad en base al objetivo del sistema, costo, funcionabilidad etc. Por eso la alternativa B ha obtenido la máxima calificación de 200 en la figura 30.

2.9 Análisis de alternativas para sistema de limpieza en los tanques

2.9.1 Alternativa A: bolas de pulverización o sprayball SB-5

Es un sistema de bolas de pulverización o también llamadas Sprayball que tienen varios modelos según sus usos, uno de ellos es SB-5 que es muy eficiente para realizar la limpieza en los tanques, un área de 360° en la parte superior e inferior, su principio de funcionamiento es la presión del chorro de agua que se esparce en todo el interior del tanque haciendo que permanezca limpio y libre de residuos o sedimentos. Su patrón de perforación, como lo podemos observar en la figura 30, se distribuye a todas las áreas y por eso es el más utilizado en la industria.[49]

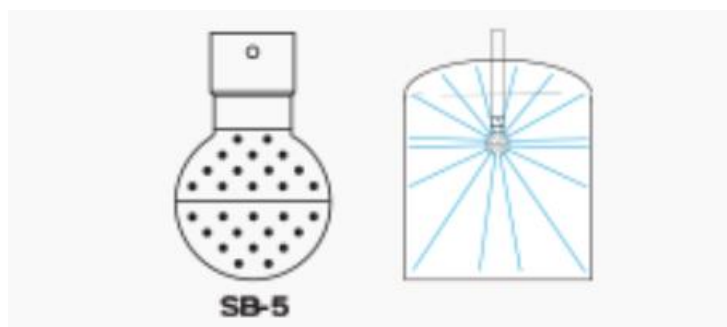


Figura 31. Sprayball SB-5 [49].

Una de sus ventajas y de sus principales características del modelo SB- 5 es el rango que nos da de mayor alcance, siendo un factor que no podemos escatimar en la elaboración de productos alimenticios.

2.9.2 Alternativa B: bolas de pulverización o sprayball SB-4

Este modelo se caracteriza por realizar la limpieza en un ángulo de trabajo de 360° de la parte inferior del tanque (ver figura 32).

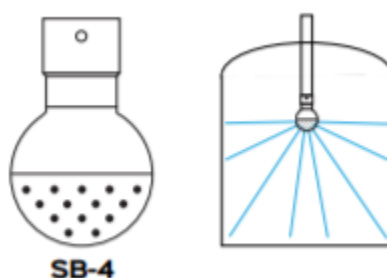


Figura 32. Bolas de pulverización o Sprayball SB-4 [50].

Una de las ventajas más importantes del modelo SB-4 es que realiza la limpieza del tanque en los lugares que se deposita el contenido.

2.10 Matriz de decisión para el sistema de limpieza en los tanques

Los parámetros de calificación son una ponderación que va a ayudar a una buena selección del sistema de limpieza en los tanques, en la Tabla 11 podemos apreciar los parámetros que tendrá la matriz.

Tabla 11. Parámetros de calificación para el sistema de limpieza en los tanques.

Parámetros	Alt. A	Alt. B
Funcionalidad	5	10
Costo de materiales	10	10
Disponibilidad de material	10	10
Tiempo de construcción	10	10
Peso y movilidad	10	10
Montaje y mantenimiento	10	10
Construcción	10	10

Elaborado por: Fabian Sánchez

En el diagrama de ponderación de las alternativas se observa que la alternativa B, en el diagrama de barras es la más viable ver Figura 33.

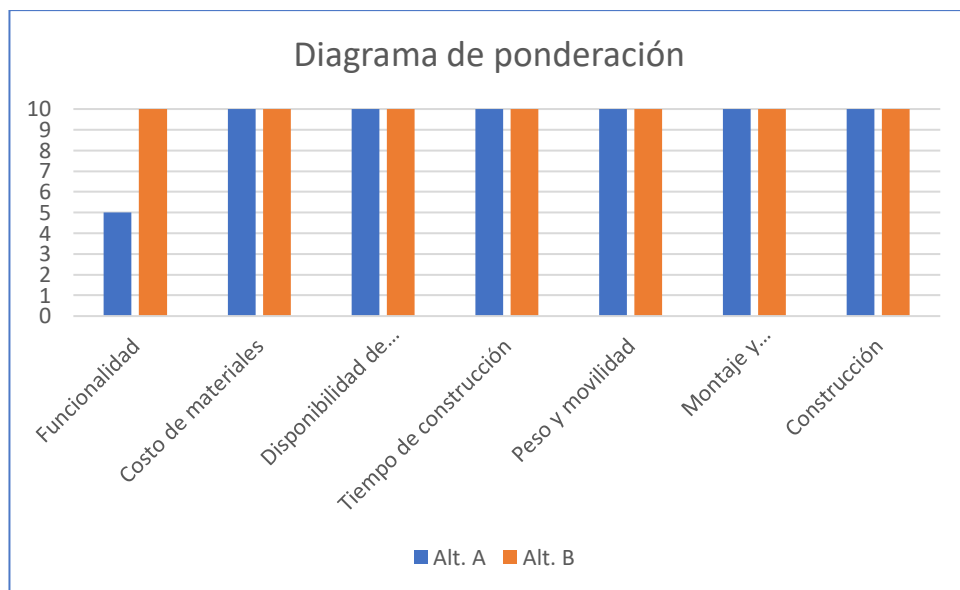


Figura 33. Diagrama de ponderación correspondiente a los aspectos más importantes del sistema de limpieza.

Para una mejor decisión se cotejarán los parámetros de calificación con los factores de importancia como se puede apreciar en la Tabla 12

Tabla 12. Parámetros de calificación con la importancia del sistema de de limpieza en los tanques.

Parámetros	Importancia	Alt. A	Alt. B
Funcionalidad	5	5	10
Costo de materiales	1	10	10
Disponibilidad de material	5	10	10
Tiempo de construcción	1	10	10
Peso y movilidad	4	10	10
Montaje y mantenimiento	4	10	10
Construcción	4	10	10
TOTAL		40	58

Elaborado por: Fabian Sánchez

Se puede observar las calificaciones de cada alternativa presentadas las cuales nos servirán para la toma de decisión ver Figura 34.

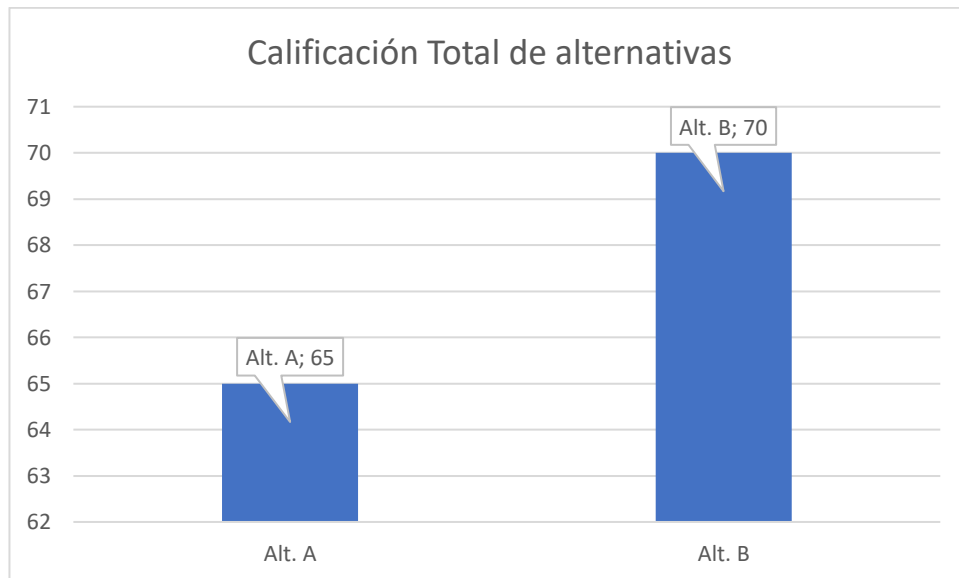


Figura 34. Barras de calificación correspondiente al sistema de limpieza.

2.11 Toma de decisión de alternativas para el sistema de limpieza

Según las calificaciones obtenidas a través de los diagramas de barras generados reflejan que la mejor opción a tomar es el modelo SB-5 del sistema de limpieza en los tanques, por amplio rango de limpieza teniendo en cuenta que el sistema puede generar vapores y por eso también es necesario la limpieza en la parte superior a diferencia del modelo SB-4 que llega a cubrir solamente la parte inferior del tanque, llegando a ser una decisión muy acertada, y por eso la alternativa B ha obtenido la máxima calificación de 65. En la Figura 33 se observa lo que corresponde a los parámetros de calificación.

2.12 Alternativas seleccionadas

Luego de haber realizado un exhaustivo método de selección de alternativas viables con el objetivo de dar un mejor funcionamiento al sistema de dosificación de kéfir de leche como acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica, se enlistarán los sistemas seleccionados. En la tabla 13 se puede observar el resultado.

Tabla 13. Alternativas seleccionadas.

Alternativa seleccionada	Función
Sistema de dosificación controlada por bomba de tornillo helicoidal	Realizar la dosificación del kéfir mediante una bomba helicoidal
Transferencia de calor por chaqueta térmica con calefón	Realizar la conducción del calor producido por el calefón
Sistema de limpieza del tanque SPRAYBALL SB-5	Realizar la limpieza del tanque

Elaborado por: Fabian Sánchez

CAPÍTULO III

CÁLCULOS PARA EL DISEÑO DE DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE KÉFIR DE LECHE

3.1 Introducción

Este capítulo muestra de manera detallada los dispositivos más relevantes en el sistema de dosificación de kéfir de leche, tomando en cuenta que se aspira a que el sistema tenga una larga vida útil, por tal motivo se escogerán los materiales más aptos para su fabricación, esto conlleva a que el sistema en conjunto tenga altos índices de eficiencia, aumento y estandarización en la producción.

3.2 Diseño del cuerpo del tanque de preparación

En el diseño del tanque de preparación se debe tomar en cuenta la densidad del producto, en este caso el kéfir de leche, según Karin H [22], la densidad del kéfir de leche con porcentaje de gránulos del 3% y 5% y a una temperatura de 14 ° C es de 1,0638 [g/ml], en vista que el sistema tendrá contacto directo con productos destinados al consumo alimenticio se escoge el acero AISI 316 basándonos en las buenas prácticas de manufactura.

Para dimensionar el tanque se necesita saber la cantidad de producto que se necesita dosificar. Para generar una buena producción, la capacidad total es 120 litros en una hora, las botellas son de 400 ml, llegando a llenar 6 botellas por minuto, la masa requerida para cargar el tanque de almacenamiento se obtiene de acuerdo con la producción de cada batch, cada batch tiene 200 litros, lo que nos da una masa 212,76 kilogramos de kéfir de leche, aproximándonos al valor de 213 Kg para efecto de cálculo, para obtener el volumen del tanque se utiliza la ecuación (1)

$$V_{tp} = \frac{M}{\rho} \quad (1)$$

Donde:

ρ : Densidad del kéfir de leche 1064 [kg/m³]

M: Masa del producto a dosificar 213 [Kg]

$$V_{tp} = \frac{213 \text{ Kg}}{1064 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,200 \text{ m}^3$$

$$V_{tp} = 200,18 \text{ L}$$

En el dimensionamiento del tanque es muy importante tomar en cuenta el espacio físico en el cual reposaría el sistema, que esté al alcance del operador, y que cumpla con la capacidad requerida que es 200 L, por lo que se establece una altura de 600 mm para el cuerpo del tanque. Gracias a esto con la ecuación 2 podemos calcular el diámetro del cuerpo del tanque.

Donde:

V_{tp} : volumen del tanque de preparación 200180 [cm³]

h: Altura del cuerpo del tanque 60 [mm]

r: radio [mm]

$$V_{tp} = \pi \times h \times r^2 \tag{2}$$

$$R^2 = \left(\frac{V_{tp}}{\pi \times h} \right)$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{200180 \text{ cm}^3}{\pi \times 60 \text{ cm}} \right)}$$

$$R = \sqrt{1061,99}$$

$$R = 32,59 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 65,18 \text{ cm}$$

$$\emptyset = 650,80 \text{ mm}$$

Visualizamos el boceto del tanque de preparación, y con la fórmula del volumen, se determina el diámetro de 650 mm ver Figura 35.

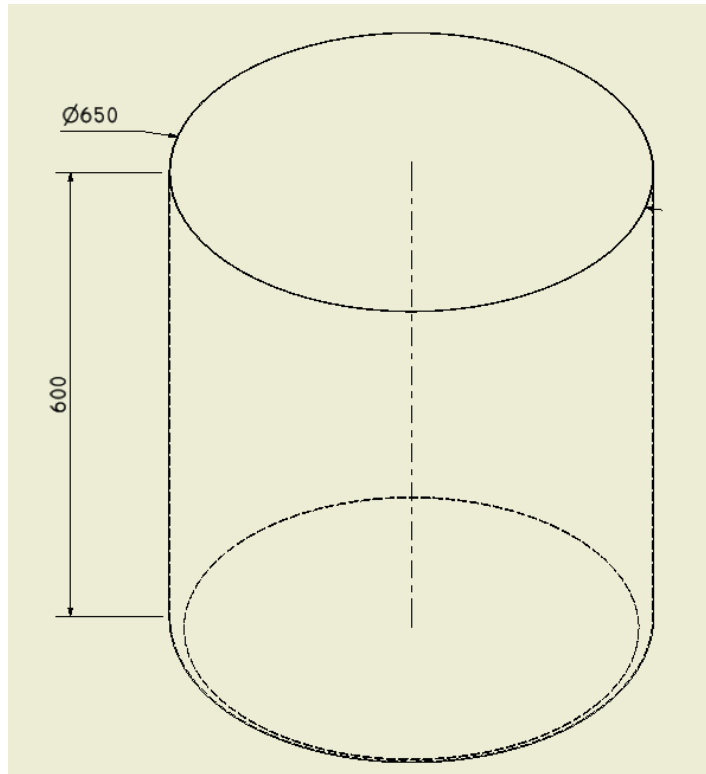


Figura 35. Dimensionamiento del cuerpo del tanque. Elaborado por: Fabián Sánchez

3.3 Diseño del fondo del tanque de preparación

En el diseño del fondo se debe de tomar en cuenta el ferul de entrada del producto que obligatoriamente va a tener un diámetro de 2'' por el hecho de que la manguera de grado alimenticio flexible que existe en el mercado también es de 2''. El ferul no puede estar cercano al piso por el motivo que éste va conectado a la manguera, que se encuentra entre la bomba dosificadora y el tanque de preparación, determinando el volumen de producto que ingrese al fondo. El cálculo se realiza mediante la ecuación 3.

Donde:

V_{ftp} : volumen del fondo del tanque de preparación [cm^3]

h_1 : altura del fondo del cuerpo del tanque 120 [mm]

r_2 : radio mayor 325 [mm]

r_1 : radio menor 25.400 [mm]

$$V_{ftp} = \frac{h_1 \times \pi}{3} \times (r_2^2 + r_1^2 + r_2 \times r_1) \quad (3)$$

$$V_{ftp} = \frac{120 \text{ mm} \times \pi}{3} \times (325^2 + 25,400^2 + 325 \times 25,400)$$

$$V_{ftp} = 13398339,72 \text{ mm}^3$$

$$V_{ftp} = 13,3983 \text{ L}$$

El cuerpo del tanque está unido al fondo del tanque, estos dos sistemas conformarán un volumen total que se obtendrá mediante la ecuación 4, se lo podrá apreciar en la Figura 36.

Donde:

V_{tp} : volumen del tanque de preparación [cm^3]

V_{ftp} : volumen del fondo del tanque de preparación [cm^3]

$$V_{total} = V_{tp} + V_{ftp} \quad (4)$$

$$V_{total} = 200,18 \text{ L} + 13,39 \text{ L} = 213,61 \text{ Lt}$$

$$V_{total} = 213,57 \text{ L}$$

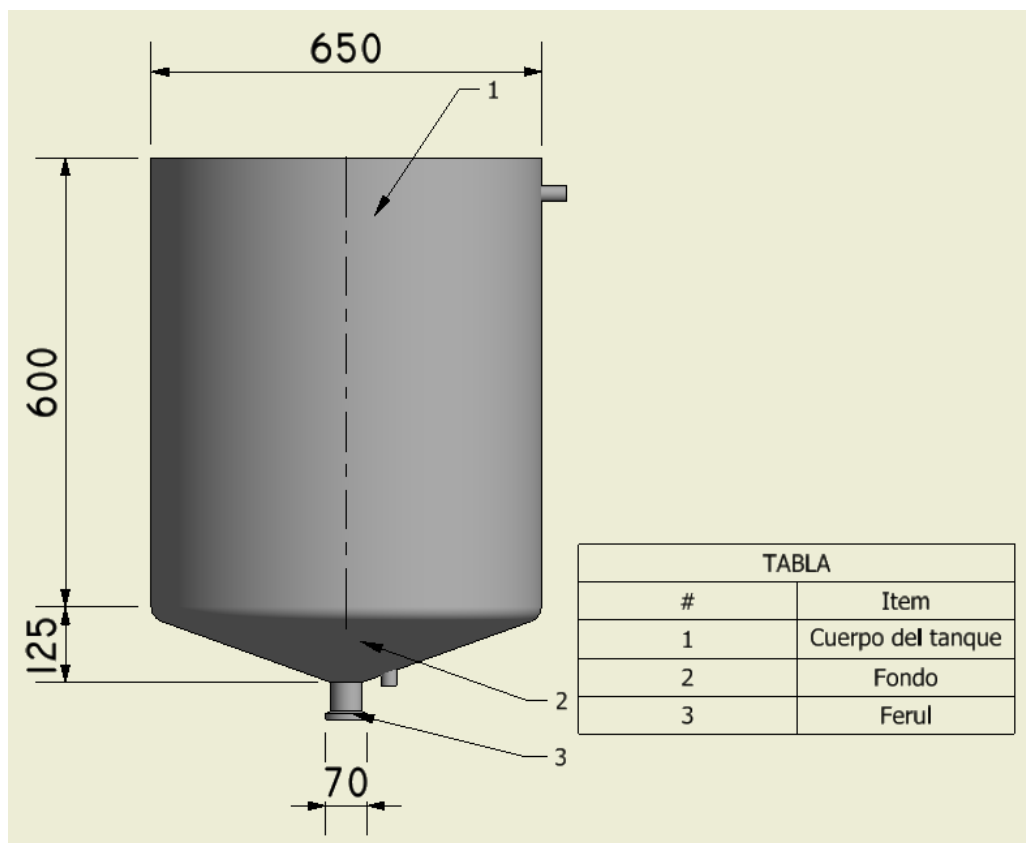


Figura 36. Dimensionamiento del cuerpo con fondo del tanque. Elaborado por: Fabián Sánchez

3.4 Cálculo correspondiente a la presión ejercida por el líquido en el tanque de preparación

Se tiene en cuenta que el fluido al momento de dosificar se encuentra dentro del tanque de preparación en reposo.

Por este hecho es importante realizar el análisis hidrostático para determinar el espesor de la plancha de acero inoxidable que soporte las cargas que realiza el fluido en la distribución de la superficie del tanque de preparación, para esto utilizaremos la ecuación 12, que es la más común en el análisis hidrostático proporcionada por Budynas & Nisbett [3]

$$P = \rho \times G \times h \quad (5)$$

Donde para el tanque:

P : presión [Pa]

ρ : densidad del kéfir de leche 1064 [Kg/m³]

g : gravedad de la tierra 9,81 [m/s²]

h : altura del tanque de preparación 0,600 [m]

$$P = 1064 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,600 \text{ m}$$

$$P = 6262,70 \text{ [Pa]}$$

En este caso se utiliza agua como fuente de calentamiento desde la chaqueta hacia el tanque de preparación y para calcular la presión en la chaqueta se lo realiza de la misma forma.

Donde para la presión de la chaqueta:

P : presión [Pa]

ρ : densidad del kéfir del agua 1000 [Kg/m³]

g : gravedad de la tierra 9,81 [m/s²]

H : altura del tanque de preparación 0,600 [m]

$$P = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,600 \text{ m}$$

$$P = 5880 \text{ [Pa]}$$

3.4.1 Cálculo del espesor de la pared de la chaqueta del tanque

Para el diseño del espesor de la pared de la chaqueta del tanque de preparación se tiene en cuenta algunas variables fundamentales que determinan el óptimo funcionamiento de la chaqueta las cuales son: la altura a la cual se encuentra el fluido, la presión y la densidad del fluido según Budynas & Nisbett [3]

Esta presión para la función que va a realizar es muy baja por este motivo se tiene que utilizar un factor de seguridad, vamos a recurrir la bibliografía para producir resultados de mayor veracidad, investigaciones recomiendan sobredimensionar la presión de operación, este sobredimensionamiento se lo realiza siguiendo uno de los dos métodos:, el primero aumentando un 10% la presión de trabajo o en su defecto tomar la presión de 30 Psi que son 206842,7 Pa, la que sea mayor según Megyesy [51].

Por este motivo la presión de trabajo utilizada para encontrar el espesor de la pared de la chaqueta del tanque de preparación será 206842,7 Pa, por motivo de facilitar los cálculos redondeamos al valor de 207 MPa

La fórmula utilizada para dimensionar el espesor es la siguiente [51].

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad (6)$$

Donde:

P: presión de diseño 6263 [Pa]

S: valor del esfuerzo del material 206×10^6 [Pa]

E: eficiencia soldadura a tope 0.5 [adimensional] [51]

r: radio interior 0.325 [m]

t: espesor de pared [m]

Valor del esfuerzo del material (S)

Su valor está basado en el 25% del esfuerzo último a la tensión, y es el máximo esfuerzo que se puede someter un material trabajando en condiciones de normales, en el caso del acero inoxidable AISI 316 cuenta con un valor de 206 MPa [3].

Tipo de soldadura para AISI 316

El acero inoxidable AISI 316 tiene algunos tipos de soldadura como: smaw, tig con barra de tungsteno, mig con alambre tubular continuo utilizando al co2 como gas protector y soldadura con electrodo revestido (E316L), para este caso el proceso que nos brinda mayor confiabilidad es soldadura con electrodo revestido, el electrodo a utilizar será el E316L [52][53].

Eficiencia de las soldaduras (E)

Es la confiabilidad en las uniones soldadas y se lo representa con un porcentaje según el tipo de soldadura que se haya utilizado en este caso es soldadura a tope con penetración completa por lo que nuestra eficiencia es igual a 0.5 [51].

Remplazando los valores tenemos.

$$t = \frac{6263 \times 0.325}{206 \times 10^6 \times 0.5 - 0.6 \times 6263}$$

$$t = 0.00002 \text{ m}$$

$$t = 0.019 \text{ mm}$$

Según los cálculos para el espesor de la lámina de acero inoxidable AISI 316 podemos adoptar el espesor a partir de 1 mm de espesor, según sea la disponibilidad en el mercado, los valores de espesor de planchas de acero inoxidable que existen en el mercado sobrepasan el valor calculado, por lo que el sistema compuesto por los tanques no tendrá problemas relacionados con la presión.

3.4.2 Cálculo del espesor de la pared del tanque de preparación

Para determinar el espesor del cuerpo del tanque de preparación se necesita calcular el esfuerzo tangencial y el esfuerzo longitudinal que realiza el fluido hacia el tanque, para eso utilizaremos las siguientes ecuaciones.

$$\sigma_t = \frac{P(de-t)}{2t} \quad (7)$$

$$\sigma_l = \frac{Pde}{4t} \quad (8)$$

Donde:

σ_t : esfuerzo tangencial ejercido por el kéfir de leche [Pa]

σ_l : esfuerzo longitudinal ejercido por el kéfir de leche [Pa]

P: presión total=P de la chaqueta +P del tanque 12142,7 aprox =13000 [Pa]

de: diámetro exterior del tanque de preparación 0,65 [m]

t: espesor del cuerpo del tanque de preparación [m]

Reemplazando valores en las ecuaciones 7 y 8 tenemos:

$$\sigma_t = \frac{13000 \text{ Pa} \times (0,65 \text{ m} - t)}{2t} = \frac{8450}{t} - \frac{13000}{1}$$

$$\sigma_l = \frac{13000 \text{ Pa} \times 0,65 \text{ m}}{4t} = \frac{8450}{t}$$

La teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles será de gran ayuda para determinar el espesor de la pared del tanque, para esto se deberá seleccionar el esfuerzo total que según Budynas & Nisbett [3], es igual al cociente entre el esfuerzo de fluencia del acero inoxidable AISI316 y el factor de seguridad [3].

$$\sigma_t + \sigma_l = \sigma_T \quad (9)$$

$$\sigma_T = \frac{s_y}{2n} \quad (10)$$

Donde:

s_y : esfuerzo de fluencia acero inoxidable AISI 316[Pa]

n: factor de seguridad 5 [adimensional]

La selección del acero para el tanque de preparación va de acuerdo con el fluido con el cual estará en contacto. Se conoce que el kéfir de leche presenta agentes oxidantes, por eso es necesario seleccionar un material resistente a la corrosión como es el acero inoxidable AISI 316, que presenta un esfuerzo a la fluencia de 206 MPa según se muestra en la Figura 37

Propiedades Mecánicas:				
Grado	Resistencia a la Tracción Mpa. (RT)	RT (kgf/mm2)	RT (ksi)	Límite de Fluencia Mpa. (LF)
316	510	52	74	206
316L	481	49	70	176

Figura 37. Límite de fluencia del acero inoxidable 316. [53]

Para seleccionar el factor de seguridad se debe considerar la carga con respecto al material, en este caso vemos que es relativamente baja. Según la imagen 38 podemos determinar un factor de 2,5 correspondiente al factor de seguridad. [54]

Factor de seguridad	Lineamientos
1,25 a 2	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2 a 2,5	Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos del diseño.
2,5 a 4	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o ambientes.
4 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Figura 38. Lineamientos para el factor de seguridad. [3]

Para obtener el valor del espesor de la pared del tanque de preparación reemplazamos los valores obtenidos en las ecuaciones 7 y 8 en la ecuación 9, para determinar la siguiente expresión.

$$\frac{P*(de-t)}{2t} + \frac{P*de}{4t} = \frac{S_y}{n}$$

$$\frac{13000*(0.65-t)}{2t} + \frac{13000*0.65}{4t} = \frac{206 \times 10^6 Pa}{2*5}$$

$$t = 0,000308 \text{ m} = 0.3 \text{ mm}$$

Debido a que la fuerza que ejerce el kéfir de leche sobre el tanque elaborado en acero inoxidable AISI 316 es despreciable gracias a las propiedades del material y por esto el dimensionamiento genera un valor muy bajo para el espesor del cuerpo del tanque de preparación, estos valores son justificados por las óptimas propiedades del material, esto conlleva a un aumento en la vida útil de la maquina por ejercer una menor resistencia a la fluencia con respecto al cálculo, sin embargo las normas de las buenas prácticas de manufactura (BPMs) correspondientes a las que se relaciona con la industria alimenticia, estas obligan a utilizar como material de contacto alimenticio al acero AISI 316 O 314 para su construcción garantizando un producto de calidad.

3.5 Selección del agitador

En el capítulo anterior se mostró la naturaleza de algunos tipos de agitadores siendo el de forma helicoidal el óptimo para que exista sumo cuidado en la agitación del producto debido a que es un producto de alta densidad y por este hecho cualquier sobreesfuerzo se puede echar a perder.

En el diseño del agitador que va a estar unido al motor en primera instancia se debe de tomar en cuenta la fuerza que ejerce el fluido hacia el agitador en este caso por el hecho que el agitador está fabricado con acero inoxidable AISI 316, la fuerza que ejerce el fluido en el agitador es despreciable por el hecho de generar un valor de espesor del tanque exorbitantemente bajo.

La teoría nos indica que el mejor agitador para fluidos de alta densidad es el que tiene forma helicoidal. en la Figuras 39 se muestran opciones de diseño del agitador de forma helicoidal con deflectores y en la figura 40 se muestra un agitador con paso 180 el cual comprende un eje y la espiral unida al eje para una agitación distribuida.

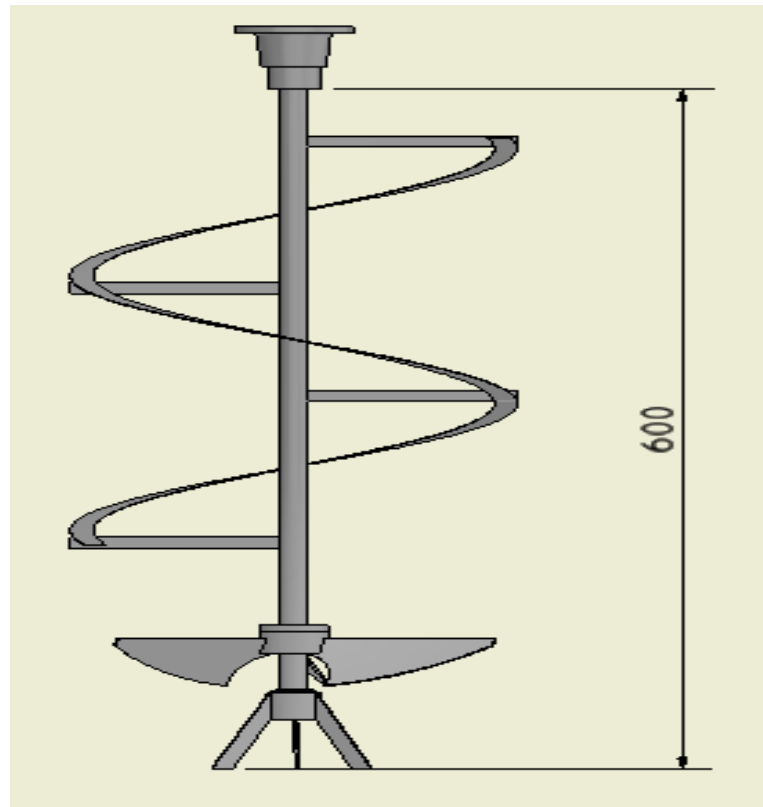


Figura 39. Diseño del agitador helicoidal opción 1. Elaborado por: Fabián Sánchez

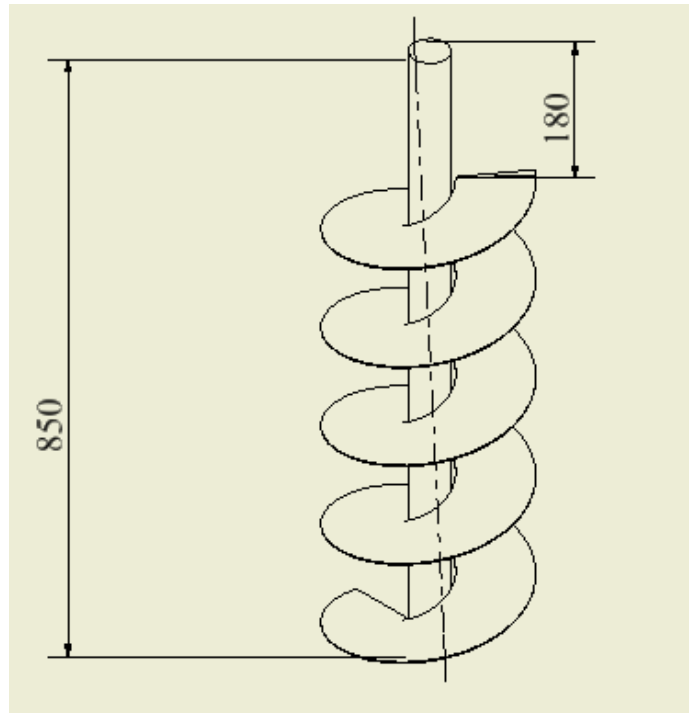


Figura 40. Diseño del agitador helicoidal con paso 180. Elaborado por: Fabián Sánchez

3.6 Selección del motor para el agitador del tanque de preparación

A diferencia de otros sistemas que necesitan mucha potencia, en este sistema se tendrá que generar una recirculación laminar de menor impacto por lo cual se utilizará un motorreductor con una relación de 100:1 con el objetivo de generar una agitación leve y si aún se la desea disminuir para controlar aún más la velocidad, se utilizará un variador de frecuencia que se controlará mediante un Plc para disminuir los rpm del motor.

Se debe considerar en todo sistema las pérdidas de potencia ya sean mecánicas o eléctricas además de las propiedades del fluido el cual es susceptible a sobrepresión, por ello la selección se la hace de acuerdo a la sugerencia de la firma italiana Motive juntamente con la empresa Sumind la cual es su representación en Ecuador la cual en base a su larga trayectoria en dosificar productos con alta densidad, recomienda para el motor agitador del tanque el modelo BOC63 de 0,75 HP de potencia que llega a una velocidad de 17 rpm con un Torque de 161 Nm para el motor del agitador (ver fig.41). [55]

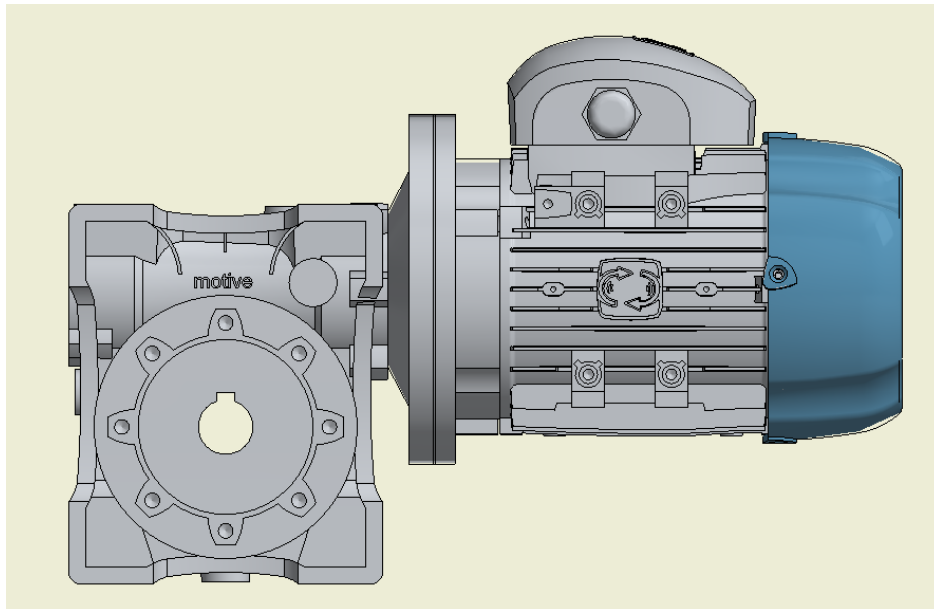


Figura 41. Motor agitador. [55]

3.7 Diseño de soportes del tanque de preparación

El sistema del tanque de preparación va a estar soportado por perfiles de sección ya sea de sección circular o rectangular o en su defecto de cualquier geometría que soporten el peso de los componentes, el cálculo se lo realizará en base al procedimiento que se utiliza para miembros sometidos a compresión cargados axialmente, inicialmente se enumeran las cargas que va a soportar el sistema las cuales son:

- 1.- El peso del producto = 213 kg
- 2.- El peso del cuerpo del tanque de preparación = 47,57 kg [56]
- 3.- El peso de la envoltura de la chaqueta del tanque de preparación = 47,5 Kg [56]
- 4.- El peso del motor = 6,3 kg [57]
- 5.- El peso del agitador + eje = 5 Kg
- 6.- El peso de los accesorios del tanque de preparación = 4 Kg

La sumatoria de las cargas nos da un total de 323,44Kg, que redondeando tenemos un valor de 325Kg, la cual corresponde a una carga axial que son 3188 N, peso que tendrá que soportar el sistema. Para esto se va a recurrir al manual American Institute of Steel Construction (A.I.S.C.) y así determinar la estructura que soporte las cargas mencionadas. [58]

Para determinar el esfuerzo normal máximo se utilizará la ecuación 11 que corresponde a la ley de Hooke donde: [59]

σ_{nm} = Esfuerzo normal máximo [Pa]

E = Módulo de elasticidad Acero inoxidable 316 (190) [GPa] [60]

ϵ = Coeficiente de deformación (0,6) [adimensional]

$$\begin{aligned}\sigma_{nm} &= E \times \epsilon & (11) \\ \sigma_{nm} &= 190 \times 10^9 \times 0.6 \\ \sigma_{nm} &= 1,14 \times 10^{11} \text{ Pa}\end{aligned}$$

Con el esfuerzo normal máximo podemos determinar el área que soportará nuestra carga con ayuda de la ecuación 12 donde:

p = Carga total que soporta el sistema 3185[N]

A = Área de la sección del soporte [m]

σ_{nm} = Esfuerzo normal máximo [Pa]

$$\sigma_{nm} = \frac{p}{A} \quad (12)$$

Despejando el área tenemos:

$$A = \frac{p}{\sigma_{nm}} \quad (13)$$

Donde

$$A = \frac{3185 \text{ N}}{1,26 \times 10^{11} \text{ Pa}} = 2,80 \times 10^8 \text{ m}^2$$

Se selecciona el tubo de 3” para los soportes de los tanques como una buena alternativa en función de la resistencia según la carga y acogiéndonos a las normas de manufactura como se puede ver en la Figura 42.

Dimensiones y pesos teóricos de tubería de uso mecánico											
CED No.	Diámetro Nominal		Diámetro Exterior		Espesor		Calibre	Peso estructural		Área	I
	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm		kg/m	lb/pie	cm ²	cm ⁴
30	1/2	12.70	0.840	21.34	0.075	1.905	14	0.910	0.613	1.158	0.550
	3/4	19.05	1.050	26.67	0.075	1.905	14	1.164	0.782	1.480	1.145
	1	25.40	1.315	33.40	0.075	1.905	14	1.478	1.060	1.880	2.341
	1 1/4	31.75	1.660	42.16	0.090	2.286	13	2.266	1.511	2.883	5.756
	1 1/2	38.10	1.900	48.26	0.090	2.286	13	2.613	1.741	3.324	8.813
	2	50.80	2.375	60.33	0.105	2.667	12	3.772	2.669	4.799	19.98
	2 1/2	63.50	2.875	73.03	0.105	2.667	12	4.603	3.257	5.857	36.28
	3	76.20	3.500	88.90	0.120	3.048	11	6.466	4.336	8.226	75.88
	4	101.6	4.500	114.3	0.120	3.048	11	8.379	5.619	10.66	165.0
	5	127.0	5.000	127.0	0.125	3.175	1/8"	9.782	6.514	12.45	238.6
40	6 5/8	168.3	6.625	168.3	0.188	4.775	3/16"	19.38	12.73	24.66	824.6
	1/2	12.70	0.840	21.34	0.109	2.769	12	1.260	0.858	1.603	0.704
	3/4	19.05	1.050	26.67	0.113	2.870	12	1.704	1.149	2.168	1.558
	1	25.40	1.315	33.40	0.133	3.378	10	2.519	1.710	3.204	3.651
	1 1/4	31.75	1.660	42.16	0.135	3.429	10	3.301	2.201	4.200	7.946
	1 1/2	38.10	1.900	48.26	0.145	3.683	9	4.075	2.720	5.184	12.98
	2	50.80	2.375	60.33	0.154	3.912	9	5.431	3.687	6.910	27.61
	2 1/2	63.50	2.875	73.03	0.188	4.775	3/16"	8.005	5.464	10.18	59.59
	3	76.20	3.500	88.90	0.220	5.588	5	11.52	7.714	14.65	127.7

Figura 42. Medidas estandarizadas correspondientes a tubos cédula 40. [61]

Para determinar la cantidad de soportes que tendrá el sistema, debemos basarnos en el principio de la teoría euclidiana que dice que para formar un plano en una superficie bidimensional basta con sólo 3 puntos, facilitándonos el número de soportes que debería constar el sistema del tanque de preparación para que sea estable.

Según los cálculos determinamos la selección de 3 soportes los cuales tienen geometría circular como una medida de 3” pertenecientes a la tabla de tuberías de uso mecánico cedula 40 de acero inoxidable como lo podemos apreciar en la figura 43 donde se observa el tanque de preparación compuesto de 3 soportes que le brindan estabilidad a todo el conjunto.

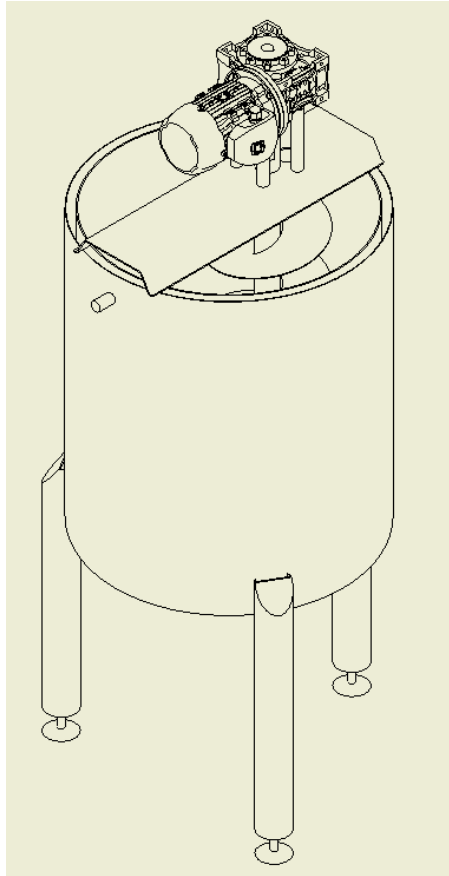


Figura 43. Tanque de preparación con soportes. [55]

3.8 Selección de la bomba de dosificación

Como se menciona en el capítulo dos, en la selección de alternativas, el sistema más eficiente en cuanto a la dosificación es la que va controlada por una bomba, ya que es la forma por la que se va a producir menor esfuerzo en el producto y así reducir los índices de pérdida de la materia prima, debido a que ésta es muy susceptible a todo tipo de manipulación, por eso el fabricante nos recomienda utilizar la bomba de tornillo helicoidal para fluidos de alta densidad como leche, yogur etc.

El sistema de dosificación será controlado por la bomba y ésta se regirá por la programación Lader, que tendrá el PLC quien regulará la cantidad de fluido a dosificar y que será en un comienzo recipientes de 400 ml y después se podrá ampliar la programación para generar presentaciones de diferentes tamaños.

La capacidad para dosificar está determinada por el caudal, en esta ocasión el modelo KSF-20 que es el de menor capacidad y consta de $2,8 \frac{m^3}{h}$ de caudal como lo muestra

la tabla 14, esto da como resultado una capacidad de 7000 botellas de 400 ml por hora o a su vez $2800 \frac{l}{h}$ superando ampliamente el objetivo planteado que es $120 \frac{l}{h}$.

Tabla 14. Especificaciones técnicas de la bomba de dosificación. [45].

Tipo Bomba	Volumen a 100 rev. [L.]	Caudal máximo [m³/h]	Presión máxima [bar]		Velocidad máxima [r.p.m.]	Par mínimo arranque [Nm.]	
			Simple etapa	Doble etapa		Simple etapa	Doble etapa
KSF-20	3,3	2,8			1450	18	30
KSF-25	6,1	3,5			950	20	36
KSF-30	10,6	6		12	950	25	45
KSF-40	25,7	14,6	6		950	45	80
KSF-50	47,2	20,4			720	70	125
KSF-60	86,4	25,9			500	110	
KSF-80	201,6	48,4			400	150	

La bomba seleccionada es el modelo ksf-20 de la marca Inoxpa de tornillo helicoidal, para la función de dosificación, como se puede apreciar en la figura 45.

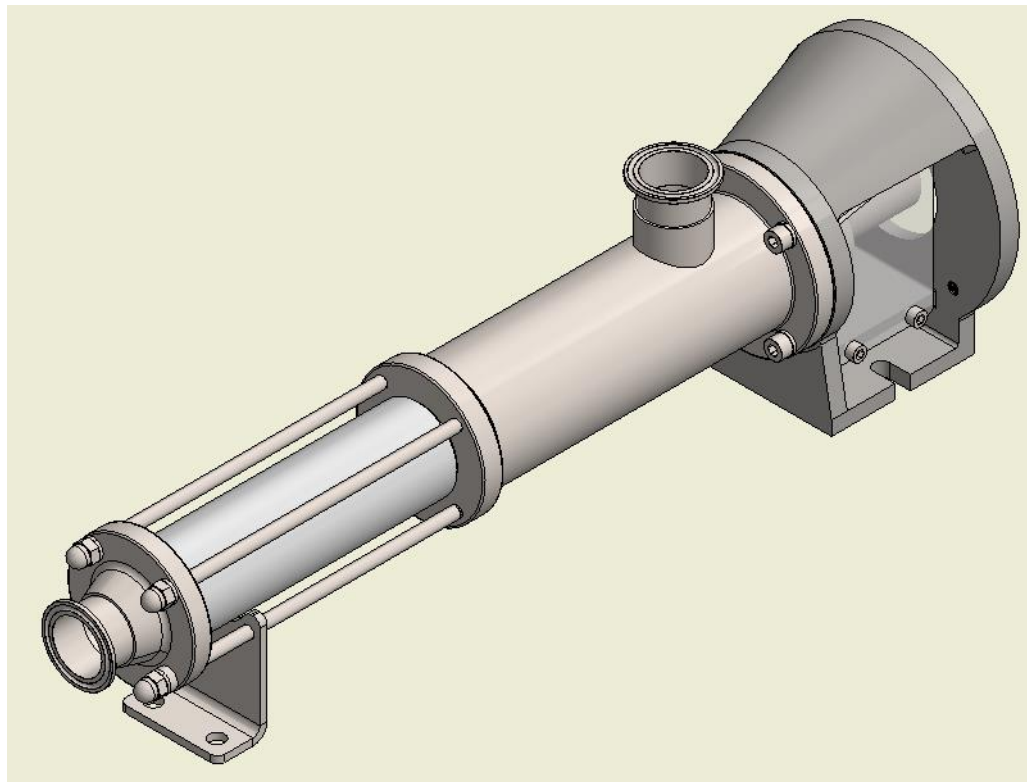
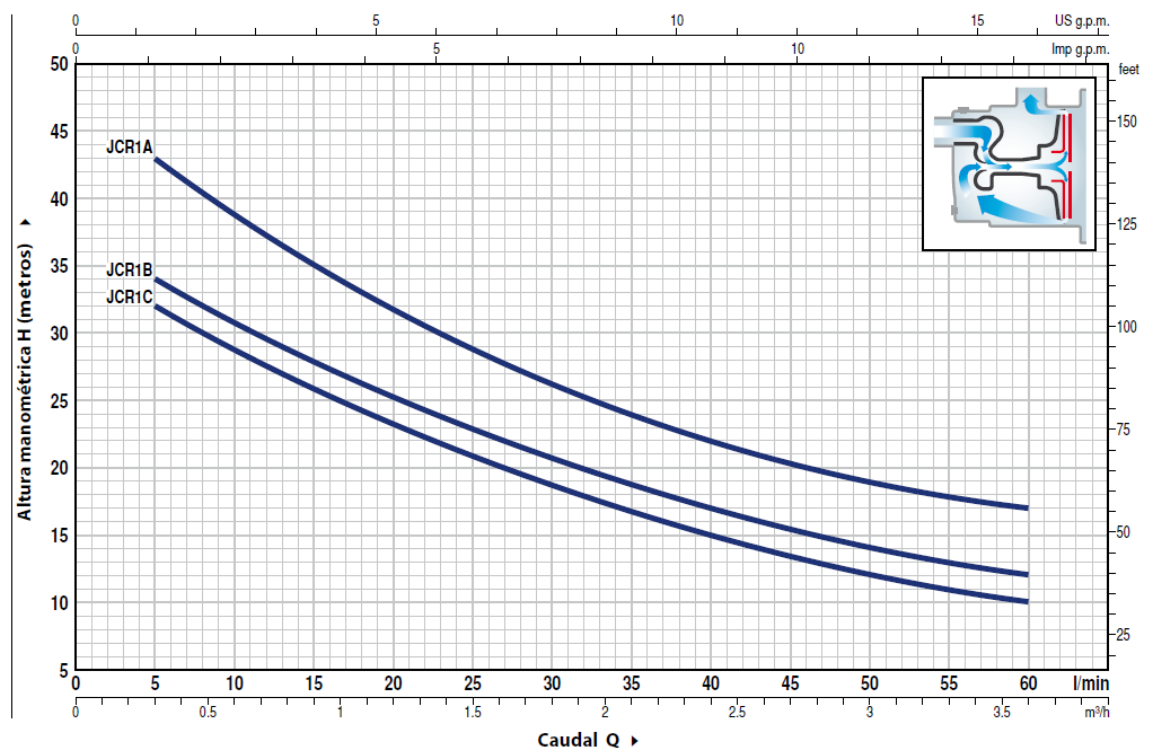


Figura 44. Bomba de tornillo helicoidal marca Inoxpa. [45]

3.9 Selección de la bomba de recirculación del agua

Después de haber obtenido la altura máxima del sistema, se puede determinar la potencia que se necesita para elevar el agua a una distancia de un metro y ubicarle en el sistema de recirculación perteneciente a la chaqueta térmica del tanque de preparación. Como podemos observar en la Figura 45 está el diagrama la altura manométrica sobre caudal donde se muestra que el modelo JCR1C que nos da un caudal máximo de 60 litros hora con una altura manométrica de 10 metros.

Tabla 15. Curva de prestaciones bomba jet Pedrollo. [62].



3.10 Diseño del cuerpo del tanque de almacenamiento

Según los cálculos realizados en el tanque de preparación, el material seleccionado también lo será para el tanque de almacenamiento por el motivo que tendrá las mismas propiedades mecánicas y soportará los mismos esfuerzos. Por eso el material para el tanque de almacenamiento será en acero inoxidable AISI 316. El tanque de almacenamiento contará con 3 garruchas móviles que darán movilidad al sistema para

trasladar el producto elaborado hacia las siguientes líneas de almacenamiento. En la Figura 47 se puede observar el diseño del tanque de almacenamiento.

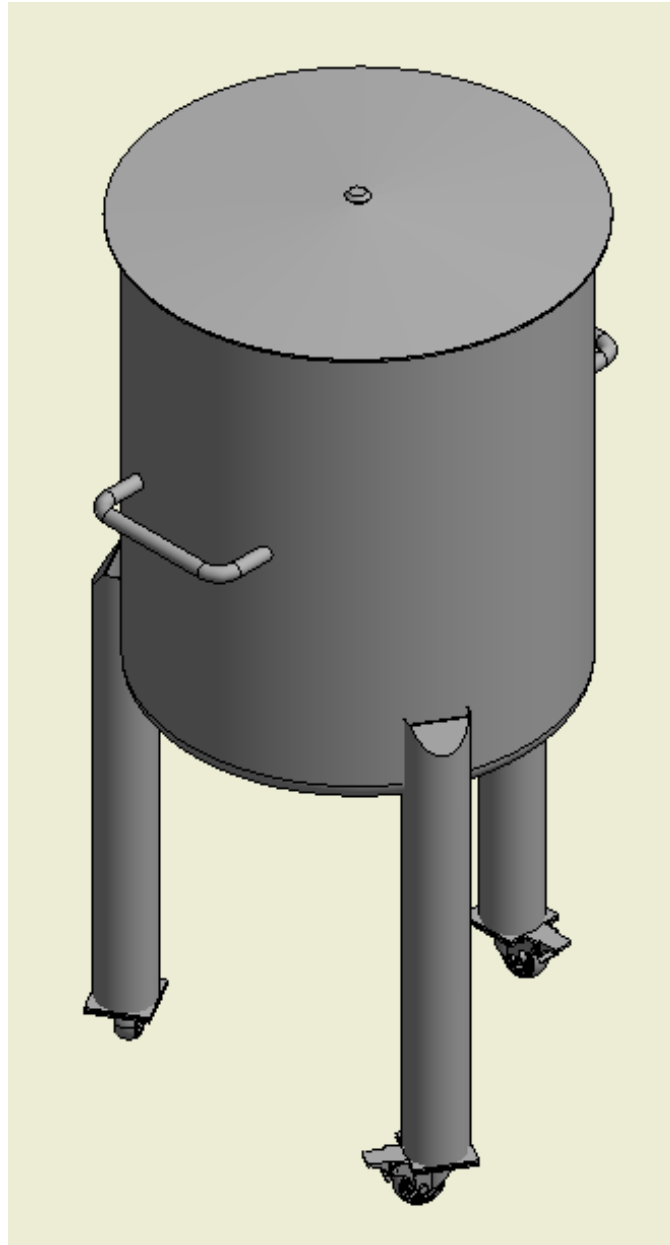


Figura 45. Diseño del tanque de almacenamiento. Elaborado por: Fabián Sánchez

3.11 Mesa con boquilla de dosificación

Finalmente, la última operación del proceso será el envasado y se los llevará a cabo en la mesa de dosificación que estará conformada por un cilindro neumático de apertura y cierre (on/off) ya que en sí la dosificación estará controlada por la bomba. Como podemos apreciar en la Figura 48 está el diseño de la mesa de dosificación.

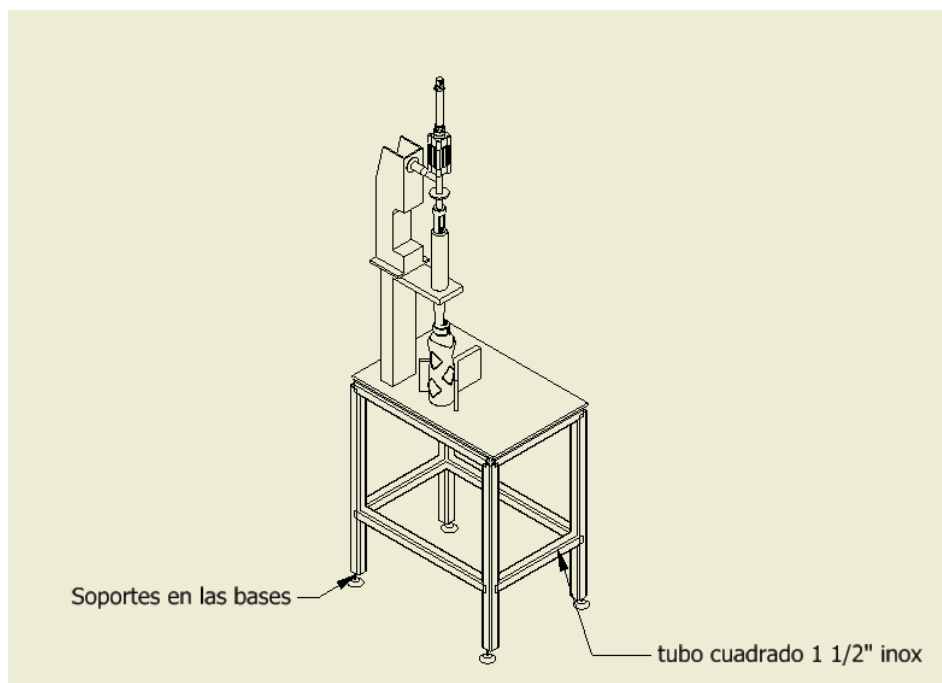


Figura 46. Mesa de dosificación. Elaborado por: Fabián Sánchez

3.12 Resumen de los equipos

Los equipos y sistemas seleccionados se sustentan en base al cálculo y a recomendaciones que lo hace el fabricante del, existen muchas variables que pueden alterar el funcionamiento de una máquina a construir, la ingeniería con la herramienta del cálculo se encarga de controlar las variables mecánicas, para generar una funcionabilidad eficiente y eficaz en todos sus componentes.

En la tabla 14 se presentan los dispositivos del equipo de dosificación de kéfir de leche que fueron seleccionados.

Tabla 16. Equipos & características.

Equipos	Características
Cuerpo del tanque de preparación	Capacidad = 200,18 L
Fondo del tanque de preparación	Capacidad = 13,39 L Radio mayor = 325 mm Radio menor = 25,4 mm

Espesor del cuerpo y fondo de los tanques	> 1 mm
Agitador	Tipo helicoidal o de tornillo Longitud = 600 mm Marca = Motive Caja tipo = Ortogonal I = 100
Motor para el agitador	Potencia = 0,75 Hp Velocidad = 17 Rpm Torque = 161 Nm
Bomba de dosificación	Marca = Inoxpa Caudal = $2,8 \frac{m^3}{h}$ Capacidad de dosificación = $2300 \frac{lt}{h}$
Bomba de recirculación	Caudal = $60 \frac{Lt}{h}$ Altura manométrica = 10 m

Elaborado por: Fabian Sánchez

3.13 Conexiones

El sistema va a presentar dos tipos de conexiones la primera va a ser correspondiente al sistema de recirculación de agua el cual va a estar compuesto por tubería de cobre por ese motivo que circulará agua caliente, la siguiente conexión que va a tener el sistema corresponde a la conexión entre la bomba helicoidal y los tanques las cuales por medio de mangueras hidráulicas sanitarias con un radio de giro de 90° esta conexión se asegurará con los acoples tipo clamp que comúnmente se utiliza.

CAPÍTULO IV SIMULACIÓN

La simulación se realizó sobre el cuerpo y el fondo del tanque de preparación, componentes críticos que soportarán el producto. Además, se realizó la simulación de los soportes que sostendrán el tanque de preparación.

4.1 Tensión de von Mises del cuerpo del tanque de preparación

Gracias al software Inventor se muestra el análisis de resistencia a la fluencia donde está el esfuerzo de von mises de acuerdo con la distribución del kéfir de leche a comparación con nuestro esfuerzo permisible que tiene el material, esta tabulado con un valor de 206 [MPa] que corresponde al acero inoxidable 316, siendo éste despreciable comparándose con la presión ejercida por el fluido previamente calculada de $6,26 \times 10^{-3}$ MPa (ver Figura 49). [53]

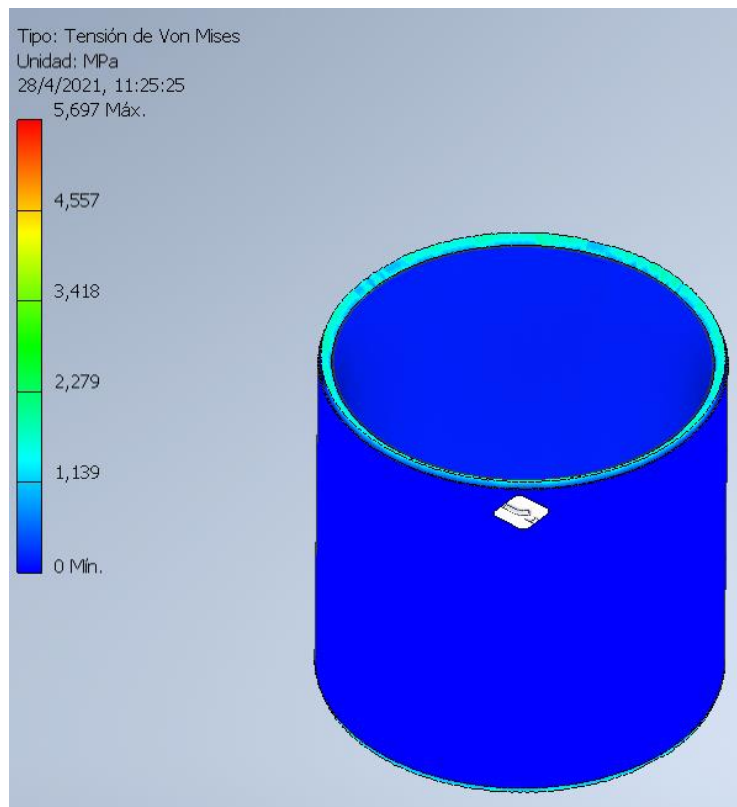


Figura 47. Simulación de esfuerzo Von Mises en el cuerpo del tanque de preparación. Elaborado por:
Fabián Sánchez

La teoría de energía de distorsión es un mecanismo muy conservativo que se utiliza para predecir una posible falla, este mecanismo tiene que ver mucho con el esfuerzo Von Mises el cual no tiene que superar el límite de fluencia. [3]

$$6,26 \times 10^{-3} \text{ MPa} \leq 206 \text{ MPa}$$

4.2 Coeficiente de seguridad del cuerpo del tanque de preparación

Se puede apreciar en la desigualdad entre el esfuerzo de von mises que es extremadamente bajo en comparación del esfuerzo permisible del material, por lo que el cuerpo del tanque de preparación no presenta ninguna deformación significativa. En la Figura 50 podemos apreciar un elevado factor de seguridad

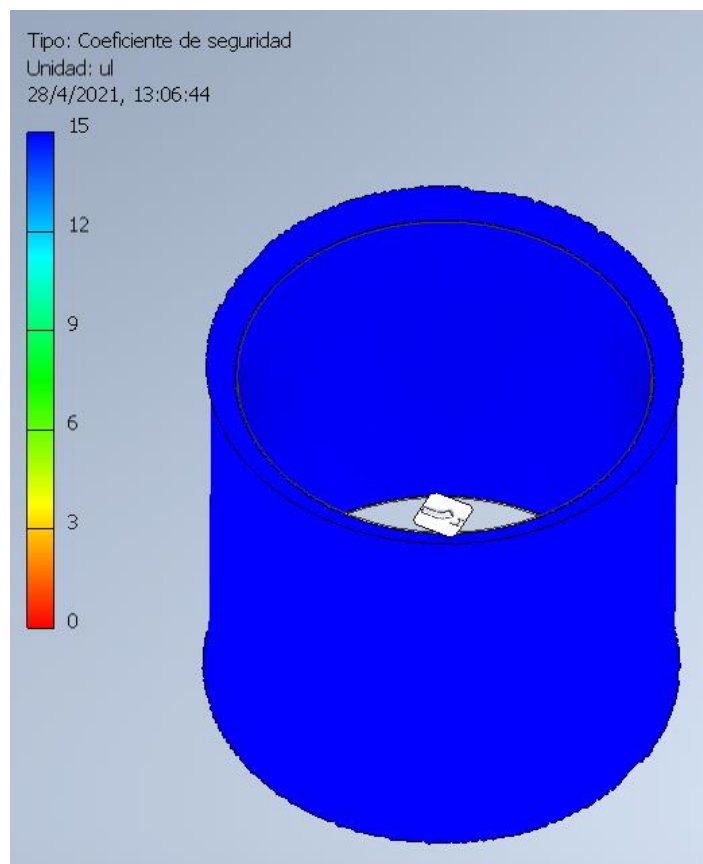


Figura 48. Simulación del factor de seguridad en el cuerpo del tanque de preparación. Elaborado por:
Fabián Sánchez

El factor de seguridad muy elevado es consecuencia de que tenemos un esfuerzo de von mises muy bajo.

4.3 Tensión de von Mises del fondo del tanque de preparación

En el fondo del tanque se puede apreciar el esfuerzo de von mises que es extremadamente bajo, por lo que el fondo del tanque de preparación no presenta ninguna deformación para tener en cuenta. Cabe mencionar que la forma cónica y concéntrica es de gran ayuda para soportar cargas axiales, ya que los esfuerzos se distribuyen en ambos ejes (ver Figura 51).

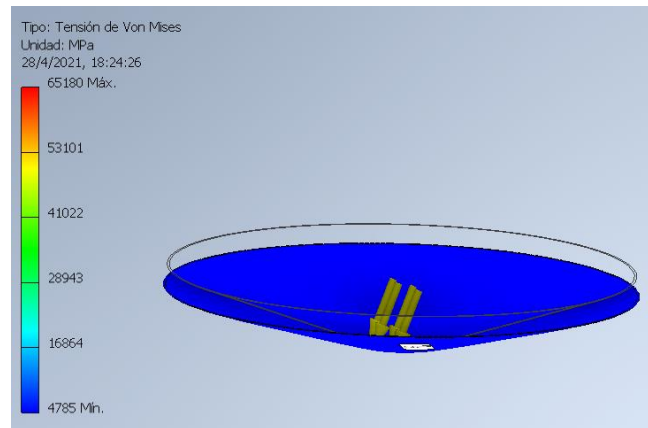


Figura 49. Simulación de esfuerzo von mises en el fondo del tanque de preparación. Elaborado por:
Fabián Sánchez

4.4 Coeficiente de seguridad del fondo del tanque de preparación

El coeficiente de seguridad del fondo del tanque de preparación se representa con un color azul. La escala alta de seguridad donde nos da a conocer en base al análisis del software una alta durabilidad del material para su construcción y excluido de cualquier tipo de deformación con respecto a presión y fuerzas ejercidas en él (ver Figura 52).

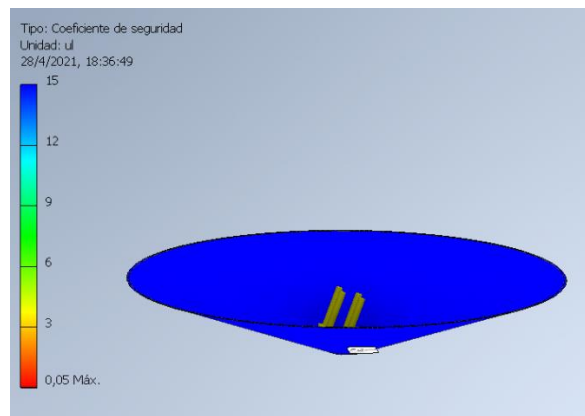


Figura 50. Simulación del factor de seguridad en el fondo del tanque de preparación. Elaborado por:
Fabián Sánchez

4.5 Tensión de von Mises de los soportes del tanque de preparación

La simulación del esfuerzo a compresión axial está llegando a una escala máxima que sobrepasa de 365 MPa, haciendo que sea óptimo para soportar las cargas comprendidas y descartando a su vez cualquier tipo de fallo en el material (ver Figura 53).

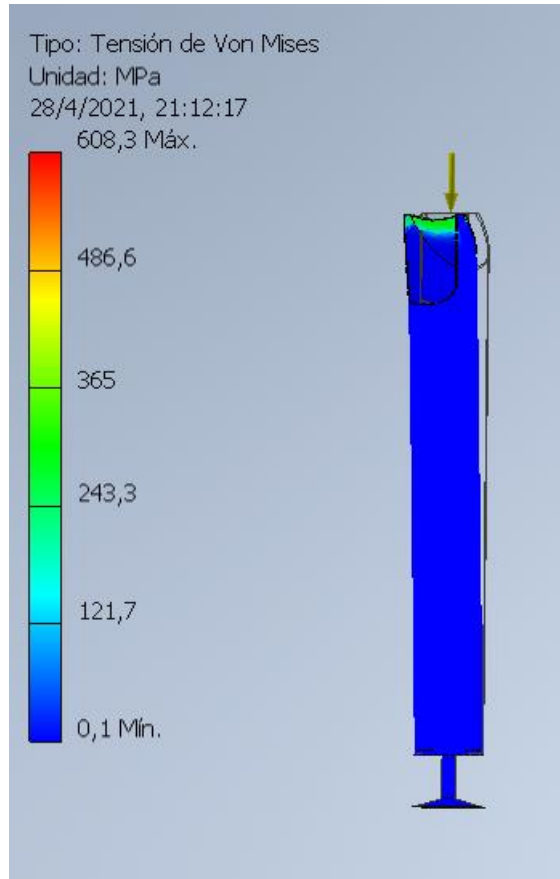


Figura 51. Simulación de esfuerzo von Mises en los soportes del tanque de preparación. Elaborado por: Fabián Sánchez

4.6 Coeficiente de seguridad de los soportes del tanque de preparación

En color rojo podemos observar un mínimo de factor de seguridad, así como en color azul los máximos coeficientes de seguridad, lo que demuestra que la geometría en donde se une al tanque son los lugares en donde se va a generar un alto porcentaje de la carga axial máxima del sistema (ver Figura 54).

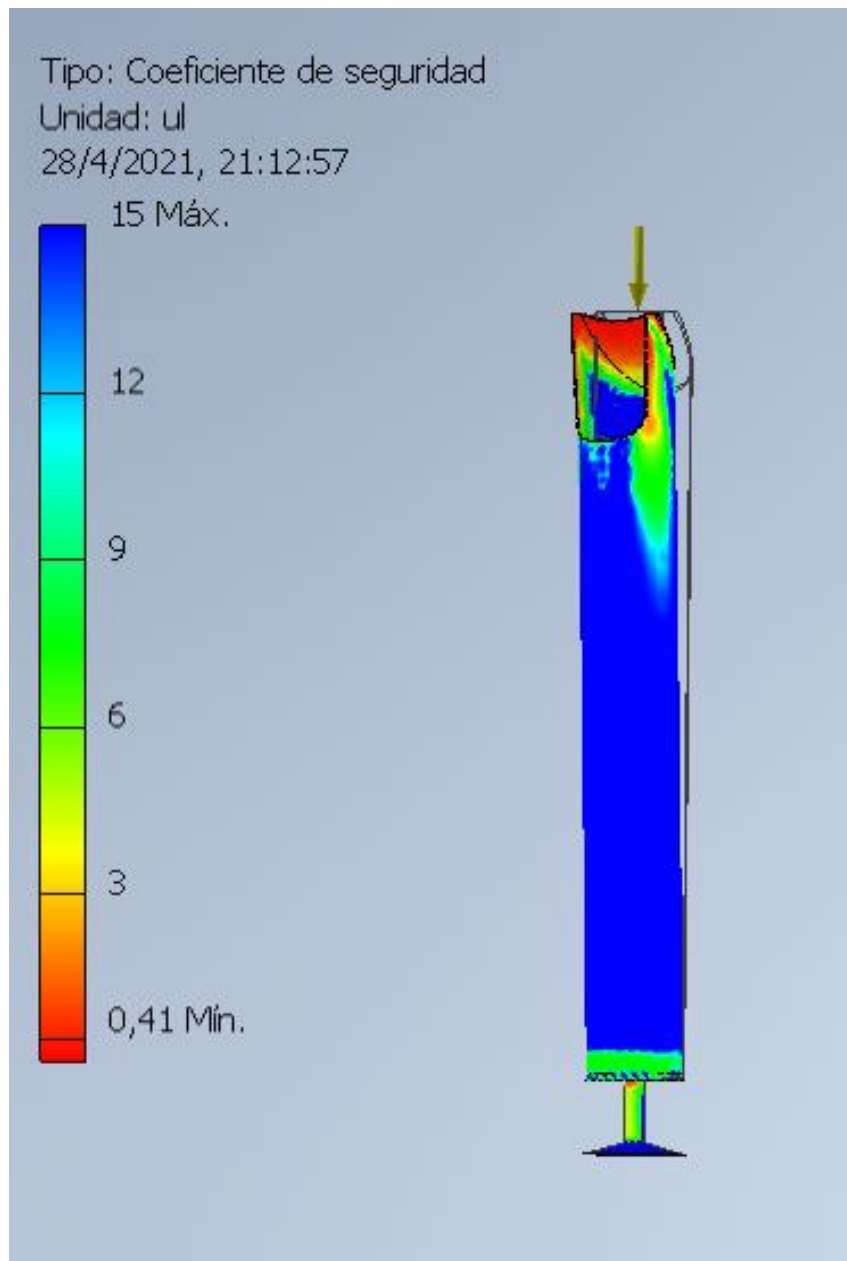


Figura 52. Simulación del factor de seguridad en los soportes del tanque de preparación. Elaborado por: Fabián Sánchez

4.7 Deformación del cordón de suelda del tanque de preparación.

La simulación de la deformación es muy importante en el componente del cuerpo del tanque ya que nos ayuda con una predicción de un posible fallo ubicado en la soldadura en este caso es despreciable como podemos ver en la figura 55 observamos que la máxima deformación que se puede presentar de acuerdo con las cargas determinadas es de 1,069 mm.

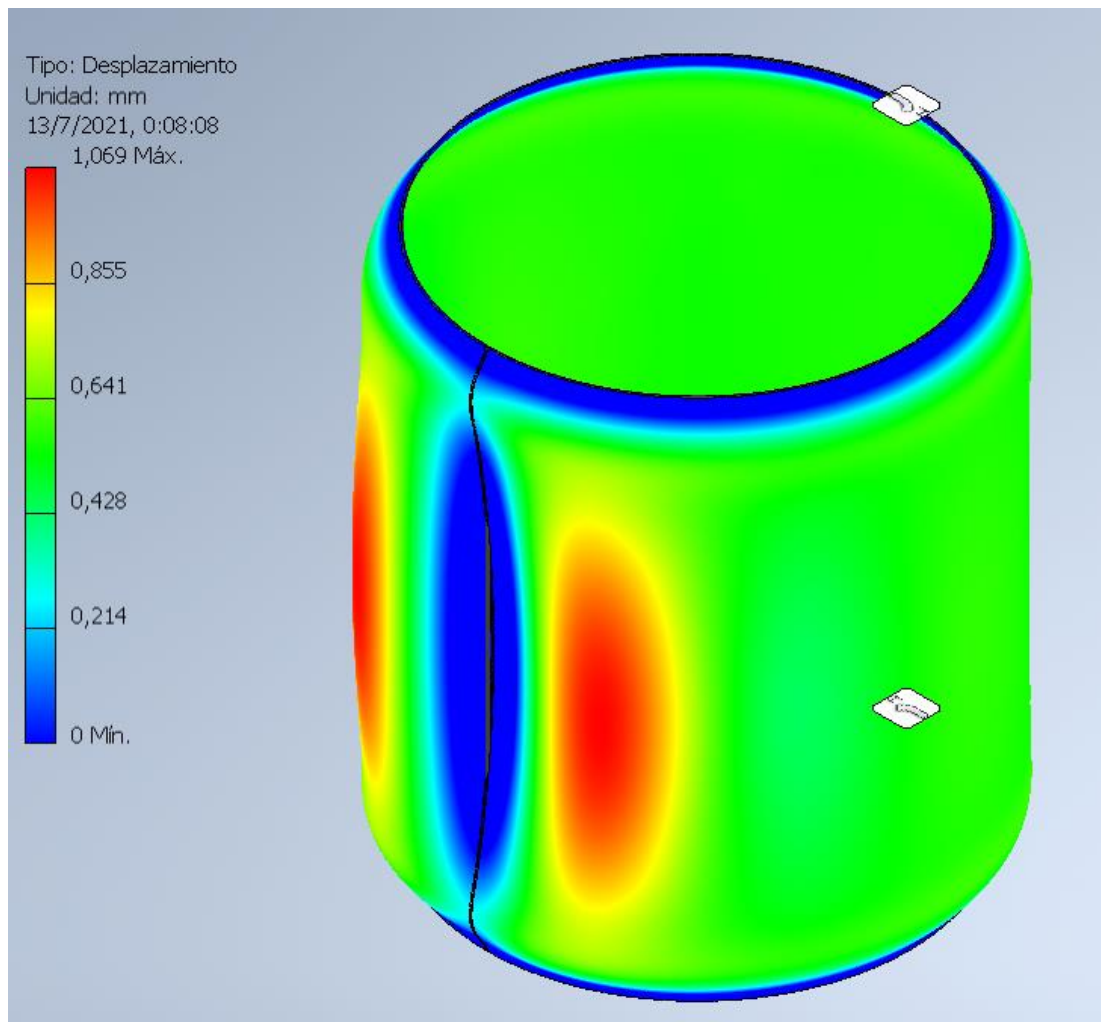


Figura 53. Simulación de la deformación del tanque de preparación. Elaborado por: Fabián Sánchez

Como se aprecian en las gráficas de simulación observamos un alto coeficiente o factor de seguridad, además de un mínimo de esfuerzo de von Mises con variaciones en sus diferentes geometrías críticas, siempre sin rebasar nuestro límite de esfuerzo que nos da el material (AISI316).

En conclusión, el software mediante la simulación nos da a conocer donde se encuentran los esfuerzos en los componentes críticos, lo que en consecuencia nos permite visualizar previamente, una alta durabilidad de sus partes críticas, un prolongamiento de su tiempo de vida útil, también poder predecir posibles fallas a futuro.

CAPÍTULO V

COSTOS

5.1 Análisis económico del proyecto

Para estimar el costo del sistema de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica se debe tomar en cuenta los siguientes tipos de costos que se detalla en la Tabla 15

Tabla 17. Tabla de costos.

Costos directos	Costos indirectos
Costo de diseño	Costos no recuperables
Costo de materia prima	Costos de materiales consumibles
Costo de fabricación y maquinado	
Costo de mano de obra	

Elaborado por: Fabian Sánchez

Es de fundamental importancia diferenciar los costos y por eso se detallan el significado de cada tipo de costo que implican la construcción del sistema de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento un tanque con agitación y chaqueta térmica.

5.1.1 Costos directos

Se consideran los costos que se relacionan directamente con el producto o servicio, por ejemplo: manufactura, costos de materia prima, costos de la mano de obra.

Estos costos los manejan los proveedores localizados en el medio como, por ejemplo: proveedores de equipos, distribuidores de acero, centros ferreteros entre otros.

5.1.1.1 Costo correspondiente al diseño

Es el valor que obtiene el tiempo total que se demoró en diseñar, calcular y dimensionar las diferentes partes que tienen la máquina en conjunto, en la Tabla 16 se muestra el costo total que conlleva el trabajo de diseño.

Tabla 18. Costos de diseño y mano de obra.

Tiempo [horas]	Costo por hora [\$]
60	15
Total	900

Elaborado por: Fabian Sánchez

5.1.1.2 Costo de materia prima

Se refiere a todos los elementos que se adquieren en grandes cantidades para ser transformados producto terminado, en la Tabla 17 se presenta un estimado de costo de cada material.

Tabla 19. Costos de materia prima.

Denominación/Parte	Cant. [unid]	Material	Longitud [mm]	Ancho [mm]	Diámetro Espesor	costo [\$]
Plancha del fondo y cuerpo del tanque de preparación	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205
Plancha del fondo y cuerpo de la chaqueta térmica del Tanque de preparación.	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205
Plancha del fondo y cuerpo del tanque de almacenamiento	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205
Plancha de accesorios de los tanques	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205
Plancha para caja de panel de control	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205
Tubos para Soportes del tanque de preparación Ø 3” Ced-40, 7 metros	1	acero inoxidable AISI 316	---	---	3”	76
Soportes del tanque de almacenamiento Ø 3” Ced-40 7 metros	1	acero inoxidable AISI 316	---	---	3”	76
Motor reductor agitador	1	Motive	---	---	---	403
Eje agitador de 1-1/4	1	acero inoxidable AISI 316	---	---	---	77
Plancha para el agitador	1	acero inoxidable AISI 316	2440	1220	1,5	205

Bomba helicoidal	1	Inoxpa	---	---	---	4137
Bomba centrífuga de recirculación	1	Pedrollo	---	---	---	324
Manguera sanitaria reforzada	1	Polipropileno	---	---	3"	60
Abrazadera tipo clamp	1	acero inoxidable AISI 316	---	---	3"	11
Garruchas	1	Giratorias	---	---	---	4
Calefón eléctrico	1	Ecosmart	---	---	---	650
Tubería de recirculación ASTM	1	Galvanizada	---	---	½"	16

TOTAL **7064**

Elaborado por: Fabian Sánchez

El sistema de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica se compone de un sistema neumático y electrónico para su funcionamiento a continuación en la tabla 18 y tabla 19 se detalla los costos de cada uno de los componentes.

Tabla 20. Costos de materiales electrónicos.

Denominación/Parte	Cant. [unid]	Detalle	Marca	Corriente	Voltaje	costo [\$]
Variador de Frecuencia	1	G110-1hp	Sinamics	---	110 V	392
Controlador Programable (PLC)	1	XC3-24RT-E	Xinje	---	110 V	132
Panel de operador (HMI)	1	TFT TG7655-ET	Xinje	---	110 V	246
Módulo de expansión termocuplas	1	---	Xinje	---	110 V	50
Módulo de expansión salidas análogas	1	---	Xinje	---	110 V	50
Fuente	1	---	---	---	In: 110-220 VCA, OUT:24VDC 5 AMP	33,80
Pulsador verde y rojo	1	Con contacto Normalmente Abierto y cerrado	---	---	---	324
Pulsador paro de emergencia	1	Normalmente cerrado	---	---	---	60

Termocupla tipo "J"	1	Tipo bayoneta 500 mm	---	---	---	11
Termomagnético	1	2 polos	---	10 A. y 6 A.	---	4
Programación	1	---	---	---	---	600

TOTAL

1902,4

Elaborado por: Fabian Sánchez

Tabla 21. Costos de materiales neumáticos.

Denominación/Parte	Cant. [unid]	Detalle	costo [\$]
Cilindro neumático	1	doble efecto DSNU 25-25	65
Regulador de caudal	1	1/4 - 6	22
Electroválvula	1	5/2 1/4 24 VDC	55
Válvula solenoide	1	---	650
Unidad de mantenimiento	1	---	50
Varios	1	---	100
TOTAL			942

Elaborado por: Fabian Sánchez

5.1.1.3 Costo de fabricación y maquinado

Para encontrar el costo de la fabricación y maquinado de los elementos que conforman el sistema de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica, es necesario tomar en cuenta los precios de hora/máquina que están en la industria, y el tiempo que se demora en la fabricación de cada una de las partes que lo componen, a continuación, en la tabla 20, se detalla el costo por hora de cada maquinaria que es necesaria para su construcción.

Torno paralelo 12,00 $\frac{USD}{h}$

Fresadora universal 15,00 $\frac{USD}{h}$

Suelta Tig 180,00 $\frac{USD}{h}$

Varoladora 12,00 $\frac{USD}{h}$

Tabla 22. Detalles de costos de fabricación y maquinado.

Denominación	Cant. [unid]	Torno [Horas]	Fresadora [Horas]	Suelda Tig [m]	Varoladora [Horas]	costo [\$]
Cuerpo del tanque de preparación	1	-	-	1	2	204
Fondo del tanque de preparación	1	-	-	0.25	2	69
Envoltura de la chaqueta térmica	1	-	-	1	2	204
Fondo de la chaqueta térmica	1	-	-	0.25	2	69
Soportes del tanque de preparación	1	1	-	0.25	-	57
Soportes del tanque de almacenamiento	1	1	-	0.25	-	57
Cuerpo del tanque de almacenamiento	1	-	-	1	2	204
Fondo del tanque de almacenamiento	1	-	-	0.25	2	69
Mesa de dosificación	1	-	-	0.25	-	45
Sistema de recirculación	1	-	1	0.25	-	60
Instalación de accesorios	1	-	2	0.25	-	75
TOTAL						1113,00

Elaborado por: Fabian Sánchez

5.1.1.4 Costos indirectos

Son todos los valores generados en el proceso de elaboración del sistema, como por ejemplo los costos consumibles que son gastos en lijas o crema para suelda etc. También están los costos no recuperables los cuales son difíciles de cuantificar y pertenecen a la misma familia de los costos indirectos un ejemplo de hechos el gasto de los taladros, el gasto de la amoladora, el gasto de los instrumentos de medida, sueldos de trabajadores, depreciación de la maquinaria etc.[63]

Tabla 23. Detalles de costos indirectos.

DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Lijas para metal	8	0,45	3,6
Guantes	2	1,5	3
Gafas	1	4	4
Electrodos E316L	2	45	90
Limpiador desoxidante	1	3,5	3,5
Disco de lija	4	4,75	19
Guaípe	10	0,1	1
TOTAL			124,00

Elaborado por: Fabian Sánchez

La suma de los costos de materia prima, más los costos de componentes electrónicos, más los costos de componentes neumáticos nos da un costo total que se muestra en la tabla 22

Tabla 24. Costos de cada material.

Descripción	costo [\$]
Costos de materia prima	7064
Costos de equipos electrónicos	1902,4
Costos de equipos neumáticos	942
Costos de manufactura	1113
Diseño y mano de obra	900
Costos indirectos	124,00
TOTAL	12045,4

Elaborado por: Fabian Sánchez

5.1.2 Ingresos tentativos por producción de kéfir de leche

El consumo actual de la producción de leche en el Ecuador que corresponde al mercado formal es un 53% con un valor de 2685000,00 l/día de los cuales se destina el 19% para leche de funda, 37% en quesos, 16% para leche de cartón, 9% para leche en polvo,

15% para yogur y el 3% para otros usos por lo tanto el kéfir de leche incursionaría en el grupo que corresponde al 3% con un valor de 80550,00 l/día, por lo tanto se estima un ingreso mensual basado en el 0.0006 % de la producción que nos da 48,33 l/día en ventas, a un costo inicial de \$1,00 por litro se tendrá un ingreso mensual de \$ 1449,9 [11]

Con el análisis económico de costos podemos determinar el tiempo de recuperación de la inversión con la ecuación 14 donde:

Ti = Tiempo de recuperación de la inversión [meses]

Inv = Inversión en la máquina [\$]

Ing = Ingresos mensuales [\$]

$$Ti = \frac{Inv}{Ing} \quad (14)$$

Donde

$$Ti = \frac{12045,4 \$}{1449,9 \$ /meses} = 8,30 \text{ meses}$$

CONCLUSIONES

- La dosificación actual de la empresa presenta un sistema de dosificación no tecnificado, artesanal que consta de tubería pvc, una tolva operada por manivela, donde no había medidas exactas del fluido ya que dispensaba entre 50 y $60 \frac{lt}{h}$. Las condiciones higiénicas debían ser mejoradas notablemente.
- El diseño idóneo para cumplir con el sistema planteado de elaboración de kéfir consta de los siguientes elementos:
 - El cuerpo del tanque de preparación tiene una capacidad de 200,18 litros.
 - El fondo del tanque de preparación tiene una capacidad de 13,39 litros; el radio mayor es de 325 milímetros y el radio menor de 25,4 milímetros;
 - El espesor del cuerpo y fondo de los tanques debe ser mayor a un milímetro;
 - El agitador es de tipo helicoidal o de tornillo y su longitud es de 600 milímetros;
 - El motor del agitador es de la marca Motive, tiene una caja de tipo ortogonal de I=100; su potencia es de 0,75 Hp, la velocidad es de 17 Rpm y el torque de 161 Nm;
 - La bomba de dosificación es de la marca Inoxpa, tiene un caudal de $2,8 \frac{m^3}{h}$, y su capacidad de dosificación es de $2300 \frac{lt}{h}$;
 - La bomba de recirculación tiene un caudal de $60 \frac{Lt}{h}$, y una altura manométrica de 10 metros
- La modelación del equipo de dosificación de kéfir de leche se realizará con el apoyo del software Inventor de Autodesk.
- El sistema de dosificación de kéfir de leche con acoplamiento a un tanque con agitación y chaqueta térmica se proyectó que el diseño con el parámetro de una capacidad de producción de 120 litros/hora, llegando a sobrepasar ese valor gracias al sistema implementado del control por bomba, éste nos permite llegar a un envasado de 6 botellas de 400 ml por minuto que es 144 litros/hora logrando un incremento del 16.67 %.

- De acuerdo con la investigación realizada en el sector de producción láctea en el Ecuador, se constató que es escasa la producción de kéfir de leche con un 3% de consumo nacional, inclusive su elaboración se lo hace de manera artesanal generando un cuestionamiento sobre los niveles de asepsia con los que se fabrica este producto mencionado, por lo que es una buena alternativa incorporar la producción de kéfir a gran escala con ayuda de la construcción del sistema que pertenece a este estudio.
- Mediante la simulación de las partes críticas se logró determinar los esfuerzos máximos, presiones que realizan todas las cargas en el sistema, logrando determinar la materia prima óptima para la construcción, llegando a tener un sistema con una larga vida útil.
- Este es un proceso automático que nos brinda calidad por el hecho de que se ha disminuido en gran cantidad el contacto por el operario debido a que está controlado por un PLC.
- Mediante el análisis económico se determinó un pronto retorno de la inversión con un payback de 8,3 meses, haciendo que el proyecto a partir de ese tiempo comience a generar ganancias a la empresa por un monto de \$1449,9 por lo que es viable en el aspecto económico.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema trabaje juntamente con una banda transportadora con el fin de optimizar el despacho de productos a las siguientes líneas de producción.
- Se recomienda incluir al estudio la incorporación de un grupo electrógeno para que el sistema resuelva el problema de paros de producción por causa de falta de suministro eléctrico ocasionando gastos adicionales en la producción
- Se recomienda realizar una estimación que corresponde a los costos que influyen los mantenimientos preventivos del equipo con el fin de contar con un valor más exacto en el análisis económico.

LISTA DE REFERENCIAS

- [1] “Tendencias de consumo: Locos por el kéfir: las razones del éxito del ‘yogur’ de moda.” https://www.alimente.elconfidencial.com/consumo/2020-08-23/consumo-kefir-probioticos_1484793/ (accessed May 23, 2021).
- [2] E. Condori and J. Coaguila, “Diseño, cálculo y construcción de la chaqueta de un tanque agitado del laboratorio de diseño de reactores de la escuela profesional de ingeniería química,” pp. 1–82, 2014.
- [3] K. J. BUDYNAS, RICHARD G. NISBETT, “Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley,” *Igarss 2014*, no. 1, pp. 1–5, 2014.
- [4] “Bombas de tornillo | Bombas de tornillo helicoidal | PCM.” <https://www.pcm.eu/es/industria/soluciones-pcm/bombas-de-tornillo> (accessed Dec. 28, 2020).
- [5] M. Iniesta Pallarés, “Innovación en Producto Alimentario y Plan de Emprendimiento.,” *Univ. Sevilla. Esc. Politécnica Super. Sevilla*, p. 106, 2016.
- [6] A. Moreno, “Catalogo de maquinaria para procesamiento de lacteos,” *Coop. Alem. al Desarro. - GIZ*, pp. 1–46, 2013, [Online]. Available: https://energypedia.info/images/0/08/Maquinaria_para_Cacao.pdf.
- [7] E. D. T. Estrella, “Escuela Superior Politécnica De Chimborazo "Diseño De Un Proceso Industrial Para La,” 2019, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11062>.
- [8] E. CIL, “Guía de buenas prácticas industria láctea,” vol. 1, p. 13, 2020.
- [9] ARCSA, “Normativa Técnica Sanitaria Para Alimentos,” pp. 1–59, 2017, [Online]. Available: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/ARCSA-DE-067-2015-GGG_Alimentos-Procesados_incluye-RESOL-019-y-010-2.pdf.
- [10] “Medicamentos que hayan obtenido Registro Sanitario y no se comercializaron en un año, serán cancelados. – Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria.” <https://www.controlsanitario.gob.ec/medicamentos-que-hayan-obtenido-registro-sanitario-y-no-se-comercializaron-en-un-ano-seran-cancelados/> (accessed May 22, 2021).
- [11] CIL, “Datos del sector lechero,” *Cent. Ind. Láctea del Ecuador*, p. 2018, 2018, [Online]. Available: https://e152f73b-81b4-4206-a6ee-8b984b6a13b0.filesusr.com/ugd/6cc8de_513a9bb8db76451a9a74586d7902bb

3b.pdf.

- [12] C. Amagua Puga, Rubén Coronel Feijó, Manuel Quintana Mena, Tatiana Reyes Merino, “Guía bpm,” 2016.
- [13] O. Gul, I. Atalar, M. Mortas, and M. Dervisoglu, “Rheological, textural, colour and sensorial properties of kefir produced with buffalo milk using kefir grains and starter culture: A comparison with cows’ milk kefir,” *Int. J. Dairy Technol.*, vol. 71, no. Dogan, pp. 73–80, 2018, doi: 10.1111/1471-0307.12503.
- [14] J. Garcia and R. Hernandez, “Fermentacion de leche descremada,” 2015.
- [15] J. C. Plaza, “Proceso de elaboración del kéfir y su aplicación gastronómica,” vol. 42, no. 4. 2019.
- [16] B. Cheirsilp, S. Suksawang, J. Yeesang, and P. Boonsawang, “Co-production of functional exopolysaccharides and lactic acid by *Lactobacillus kefiranofaciens* originated from fermented milk, kefir,” *J. Food Sci. Technol.*, vol. 55, no. 1, pp. 331–340, 2018, doi: 10.1007/s13197-017-2943-7.
- [17] P. . D. . Miguel Angel Monar Guerrero Irene Dávalos Teran Lucia Ramirez, “Caracterización microbiológica del kéfir de agua artesanal de origen ecuatoriano.”
- [18] R. S. Hamida, A. Shami, M. A. Ali, Z. N. Almohawes, A. E. Mohammed, and M. M. Bin-Meferij, “Kefir: A protective dietary supplementation against viral infection,” *Biomed. Pharmacother.*, vol. 133, no. October 2020, p. 110974, 2021, doi: 10.1016/j.biopha.2020.110974.
- [19] E. A. Torres Medina, S. E. Padilla Espinoza, L. del C. Camacho Castillo, and G. K. Carvajal Aguilera, “El uso De Probióticos Y Los Beneficios Sobre El Sistema Immune,” *Reb*, vol. 33, no. 3, pp. 77–85, 2014.
- [20] A. K. Adiloğlu, N. Gönülateş, M. İşler, and A. Şenol, “Kefir tüketiminin insan bağışıklık sistemi üzerine etkileri: Bir sitokin çalışması,” *Mikrobiyol. Bul.*, vol. 47, no. 2, pp. 273–281, 2013, doi: 10.5578/mb.4709.
- [21] W. C. Vimercati *et al.*, “Physicochemical, rheological, microbiological and sensory properties of newly developed coffee flavored kefir,” *Lwt*, vol. 123, no. October 2019, p. 109069, 2020, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109069.
- [22] O. Zedadra *et al.*, “OBTENCIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA TIPO KÉFIR A PARTIR DE LACTOSUERO ACIDO Y LECHE,” *Sustain.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2019, [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng->

8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciur
beco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_S
ISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.

- [23] “Funcionamiento y características de los pasteurizadores - Blog MEJISA.” <http://mejisa.com/blog/funcionamiento-y-caracteristicas-de-los-pasteurizadores> (accessed May 23, 2021).
- [24] E. Guaraca and L. Guaraca, “Plantas De Lacteos Viglac,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, p. 10, 2019, [Online]. Available: [https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33798/2/Guía Técnica del proceso de Pasteurización de leche.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33798/2/Guía%20Técnica%20del%20proceso%20de%20Pasteurización%20de%20leche.pdf).
- [25] Menkes, “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA PARA DOSIS PEQUEÑAS DE LÍQUIDOS EN LA EMPRESA FULLER PINTO,” *Menkes*, vol. 49, no. 1, pp. 69–73, 2008.
- [26] C. A. Rivera Armijos, “Diseño y construcción de un dosificador de tres productos en forma secuencial,” pp. 1–150, 2002, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9278>.
- [27] Pulsafeede, “Bomba Dosificadora de Proceso y Diafragma BOLETÍN Núm .: PulsaPro 900-IOM-2009 Rev . J,” vol. 1, no. 585, 2009, [Online]. Available: https://pulsa.salesmrc.com/pdfs/pulsapro_900_iom_es.pdf.
- [28] Gaer, “Bomba dosificadora,” vol. 875, pp. 3–4, 2012.
- [29] “Columbec del Ecuador - Bomba peristáltica para manguera de 23 mm.” <http://www.columbec.com/equipos-y-soluciones-industriales/otras-bombas-industriales/166-bomba-peristaltica-para-manguera-de-23-mm> (accessed May 23, 2021).
- [30] “Tapflo.” <https://www.tapflo.in/products/peristaltic-pumps> (accessed Mar. 09, 2021).
- [31] J. Garzón and M. Landin, “UNIVERSIDAD DE CUENCA - TESIS.pdf,” *Artic. Ecuador*, vol. 1, no. 5, pp. 1–127, 2013.
- [32] A. M. Hidalgo Molina and C. Avalos, “Diseño de un Proceso para la Elaboración de Tableros Aglomerados a Partir de Envases Tetra Pak,” *Fac. Ciencias*, vol. Bachelor, p. 151, 2013, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2504>.
- [33] “Agitadores para tanques mezcladores: ¿Cómo funcionan?” <https://sagafluid.com/agitadores-industriales-tanques->

- mezcladores/#Que_es_un_agitador_industrial (accessed May 23, 2021).
- [34] L. E. Ricaurte, “Diseño y simulación de un tanque mezclador de 10,000 gal para la elaboración de aceites lubricantes,” *Esc. Super. Politécnica Del Litoral Fac. Ing. en Mecánica y Ciencias la Prod.*, 2016, [Online]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/36620>.
- [35] “Agitador de paleta.” <https://www.slideshare.net/GeovaniDiaz2/agitador-de-paleta> (accessed May 23, 2021).
- [36] “Agitadores.” <https://www.slideshare.net/JoseLuisBrunelli/agitadores-25010350> (accessed May 23, 2021).
- [37] “(No Title).” http://indostra.com/docs/Catalogo_Flow_Control_Agitadores_Industriales.pdf (accessed May 23, 2021).
- [38] “Agitadores para Depósitos y Tanques - Mezcla INOXPA.” <https://www.inoxpa.es/productos/mezcla/agitadores-industriales/agitadores-para-los-depositos-estandares#decline> (accessed May 23, 2021).
- [39] “Agitador helicoidal.” <https://www.rvt-systeme.de/es/productos/dispositivos-agitadores/agitador-helicoidal.html> (accessed Mar. 13, 2021).
- [40] E. Patricio, A. Fiallos, S. Alberto, and V. Carrera, “Diseño de un sistema de condensación para la emisión de vapor originado en el área de cocción de la planta de producción de la cervecera andina s.a.,” 2007, [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/476/1/CD-0850.pdf>.
- [41] J. I. Pilalumbo Tulpa, “Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito,” *Tesis*, p. 80, 2019.
- [42] “Historia de la Dosificación : Plastics Technology México.” <https://www.pt-mexico.com/banco-de-conocimiento/mezclado/fundamentos-de-dosificacion/historia-de-la-dosificacion> (accessed Mar. 17, 2021).
- [43] “Sistema de dosificación volumétrica por pistones | Scheugenpflug GmbH.” <https://www.scheugenpflug-dispensing.com/es/productos/dosificadores/dosificadores-por-pistones.html> (accessed Mar. 17, 2021).
- [44] “Dosificador Líquidos - Maquinaria de envasado.” <https://www.grupospan.es/pesadoras-y-dosificadores/dosificador-liquidos/> (accessed Mar. 17, 2021).
- [45] Inoxpa, “Kiber KSF MS,” vol. 2, p. 4, 2019.

- [46] “INTERCAMBIADOR DE CALOR » Qué es, Tipos, Importancia - Cumbre Pueblos.” <https://cumbrepuebloscop20.org/energias/solar/intercambiador-calor/> (accessed Mar. 18, 2021).
- [47] “Tanque agitador - Wikipedia, la enciclopedia libre.” https://es.wikipedia.org/wiki/Tanque_agitador (accessed Mar. 18, 2021).
- [48] “Resistencias cartucho baja intensidad.” <http://www.maxpolheaters.com/blog-es/Resistencias-de-cartucho-de-baja-intensidad-El-conjunto-y-sus-características-27.html> (accessed Mar. 18, 2021).
- [49] “Spray Ball Types: How to Select the Right One for Your Process.” <https://sanimatic.com/spray-ball-types/> (accessed May 10, 2021).
- [50] S. S. Designed, “Spray Solutions Designed,” pp. 34–39.
- [51] “Manual de Recipientes a Presion-Megyesy - Free Download PDF.” https://kupdf.net/download/manual-de-recipientes-a-presion-megyesy_5a6cc1b1e2b6f53814b73b38_pdf (accessed May 24, 2021).
- [52] “Acero Inoxidable - AISI 316 - Catalogo en linea - Materiales en pequenas cantidades para el diseno - Goodfellow.” <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-316.html> (accessed May 27, 2021).
- [53] “Aceros Inoxidables 316 y 316L - NKS.” <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/> (accessed Apr. 07, 2021).
- [54] M. Wmm, “Resistencia de materiales.”
- [55] Motive, “NEO-WiFi-motor.”
- [56] “¿Cuáles son las propiedades del acero inoxidable 316 y 316L?” <https://jnaceros.com.pe/blog/propiedades-acero-inoxidable-316-316/> (accessed Apr. 22, 2021).
- [57] “MOTORES ASÍNCRONOS TRIFÁSICOS SÉRIE DELPHI.”
- [58] H. C. M. G. H. R. Heinz, “AISC,” *Persepsi Masy. Terhadap Perawatan Ortod. Yang Dilakukan Oleh Pihak Non Prof.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [59] “CALCULO DEL ESFUERZO NORMAL MAXIMO Y LAS DIMENSIONES (Ejercicio 2-5 RESISTENCIA DE BEER) - YouTube.” <https://www.youtube.com/watch?v=a1dCIJRLDwE> (accessed Apr. 22, 2021).
- [60] “Acero Inoxidable - AISI 316 - Catalogo en linea - Materiales en pequenas cantidades para el diseno - Goodfellow.” <http://www.goodfellow.com/S/Acero-Inoxidable-AISI-316.html> (accessed Apr. 22, 2021).
- [61] “Tubo estructural cédula 30 y 40 (OR) – MIPSAs | Metales Industriales de

Puebla S.A. de C.V.” <https://www.mipsa.com.mx/productos/acero/perfiles-laminados-y-tuberias/tubo-estructural-cedula-30-y-40-or/> (accessed Apr. 22, 2021).

[62] Pedrollo, “Electrobomba autocebante tipo ‘JET,’” p. 4.

[63] “(16) COSTES DE LA MAQUINARIA EMPLEADA EN LA CONSTRUCCIÓN | | UPV - YouTube.” <https://www.youtube.com/watch?v=JkdVD4R5cIo> (accessed Jun. 01, 2021).