



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR:

PAOLA ALEXANDRA FLORES LÓPEZ

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: PAOLA ALEXANDRA FLORES LÓPEZ

DIRECTOR: ING. MUÑOZ SHUGULÍ CRISTINA ALEJANDRA

Riobamba – Ecuador

2024

2024©, **Paola Alexandra Flores López**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Paola Alexandra Flores López, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 27 de febrero del 2024

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Paola Flores', with a stylized flourish above the name.

Paola Alexandra Flores López

060508874-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, **“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”**, realizado por la señorita: **PAOLA ALEXANDRA FLORES LÓPEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



27-02-2024

Ing. Cristina Alejandra Muñoz Shuguli

**DIRECTOR DE TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



27-02-2024

Ing. Daniel Antonio Chuquin Vasco

**ASESOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



27-02-2024

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
INDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xii
SUMMARY/ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Planeamiento del Problema.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 Antecedentes de la Comunidad.....	4
2.1.1 <i>Factores Sociales</i>	4
2.1.2 <i>Factores Técnico- Económicos</i>	4
2.2 Antecedentes de la Asociación.....	5

2.3 Aspectos fundamentales de la leche	6
2.3.1 <i>Definición</i>	6
2.3.2 <i>Composición</i>	7
2.3.3 <i>Propiedades físicas</i>	7
2.3.4 <i>Contaminantes</i>	8
2.3.5 <i>Almacenamiento</i>	8
2.4 Derivados lácteos	8
2.4.1 <i>Leche pasteurizada</i>	8
2.4.2 <i>Queso</i>	11
2.5 Producción de leche y derivados lácteos en Ecuador	13
2.5.1 <i>Producción de leche cruda a nivel nacional</i>	13
2.5.2 <i>Producción de leche cruda en Chimborazo</i>	14
2.5.3 <i>Destino de leche cruda</i>	14
2.6 Especificaciones de tipo legal	15
2.6.1 <i>Permiso de funcionamiento</i>	15
2.6.2 <i>Notificación sanitaria</i>	16
2.6.3 <i>Normativas de manipulación de alimentos</i>	16
2.3.4 <i>Permiso de suelo.</i>	17
2.7 Diseño de plantas	17
2.7.1. <i>Factores para la elección de localidad.</i>	17
2.7.2. <i>Etapas del diseño de plantas</i>	18
2.8 Balances de materia y energía en el proceso	18
2.8.1 <i>Balance de materia</i>	18
2.8.2 <i>Balance de energía</i>	19
2.8 Equipos para la producción de derivados lácteos	20
2.8.1 <i>Tanque de pasteurización con sistema de agitación</i>	20

CAPÍTULO III25

3. MARCO METODOLÓGICO	25
3.1 Localización del Proyecto.	25
3.2 Beneficiarios Directos e Indirectos	25

3.2.1	<i>Los beneficiarios directos</i>	26
3.2.2	<i>Los Beneficiarios Indirectos</i>	26
3.3	Tipo de estudio	26
3.3.1.	<i>Métodos y técnicas</i>	26
3.4	Experimentación	27
3.4.1	<i>Muestreo</i>	27
3.4.2	<i>Caracterización de materia prima</i>	27
3.4.3	<i>Descripción del procedimiento a nivel de laboratorio</i>	32
3.5	Especificaciones de tipo técnico	38
3.5.1.	<i>Variables del proceso de elaboración del queso y leche pasteurizada</i>	38
3.5.2.	<i>Volumen de producción</i>	40
3.5.3	<i>Balances de masa</i>	40
3.5.4	<i>Balance de energía para el proceso de leche pasteurizada</i>	49
3.5.5	<i>Balance de energía en la marmita (quesera)</i>	56
3.5.6	<i>Selección de caldera</i>	64
3.5.7	<i>Dimensionamiento de equipos para leche pasteurizada</i>	65
3.5.8	<i>Dimensionamiento de equipos para la elaboración de queso</i>	71
3.5.9	<i>Dimensiones de la mesa de moldeado</i>	84
3.5.10	<i>Dimensión de los moldes</i>	85

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	86
4.1	Resultados de Análisis Físico Químicos de la leche cruda	86
4.2	Resultados del diseño	88
4.2.1	<i>Resultados del dimensionamiento de la marmita</i>	88
4.1.2.	<i>Resultados de balance de energía</i>	90
4.2	Estudio financiero	90
4.2.1	<i>Inversión Fija</i>	90
4.2.2	<i>Gastos operacionales y administrativos</i>	93
4.2.3	<i>Financiamiento</i>	95
4.2.4	<i>Determinación de ingresos anuales</i>	96

4.3	Análisis financiero	98
4.3.1	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	99
4.3.2	<i>Tasa de retorno de inversión (TIR)</i>	100
4.3.3	<i>Análisis costo-beneficio</i>	100

CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
5.1	CONCLUSIONES	102
5.2	RECOMENDACIONES	103
	BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Tarifa de cobro de agua potable de Cantón Chambo.....	5
Tabla 3-1: Localización del Proyecto.....	25
Tabla 3-2: Equipos, materiales y reactivos para análisis de leche cruda	27
Tabla 3-3: Análisis Físico químicos de leche cruda	29
Tabla 3-4: Equipos, materiales e insumos utilizados para la producción de leche pasteurizada a nivel de laboratorio	32
Tabla 3-5: Equipos, materiales e insumos utilizados para la producción de queso fresco a nivel de laboratorio	34
Tabla 3-6: Variables y parámetros del queso	39
Tabla 3-7: Variables y parámetros de leche pasteurizada	39
Tabla 3-8: Volumen de producción de leche cruda	40
Tabla 3-9: Datos para el balance de masa de leche pasteurizada.....	41
Tabla 3-10: Datos para el balance de masa en el proceso de elaboración de queso	44
Tabla 3-11: Datos para balance de energía para la elaboración del queso	57
Tabla 3-12: Datos adicionales para el balance de energía en la elaboración de queso.....	57
Tabla 3-13: Datos de operación de calderas industriales.	65
Tabla 3-14: Motorreductor eléctrico	84
Tabla 4-1: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda.....	86
Tabla 4-2: Propiedades del acero inoxidable AISI	89
Tabla 4-3: Dimensiones de la marmita para producción de leche	89
Tabla 4-4: Costos de equipos	90
Tabla 4-5: Costos de materiales, reactivos e instrumentos para el control de calidad	91
Tabla 4-6: Inversiones en la planta de procesamiento	92
Tabla 4-7: Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso	92
Tabla 4-8: Inversión fija.....	93
Tabla 4-9: Servicios básicos.....	93
Tabla 4-10: Recursos humanos para el proceso de manufactura	93
Tabla 4-11: Costo de elaboración de productos.....	94
Tabla 4-12: Egresos anuales.....	95
Tabla 4-13: Monto de financiamiento	95
Tabla 4-14: Ingresos anuales.....	98
Tabla 4-15: Estado financiero	98

Tabla 4-16: Calculo de VAN	100
Tabla 4-17: Análisis costo-beneficio.....	100

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Lluçud”	5
Ilustración 2-2: Diagrama de elaboración de leche pasteurizada	10
Ilustración 2-3: Diagrama de elaboración de queso fresco	12
Ilustración 2-4: Destino de leche cruda en Ecuador.....	15
Ilustración 2-5 Tanque de pasteurización con sistema de agitación	21
Ilustración 2-6: Tipos de agitadores	22
Ilustración 3-1: Localización del Proyecto	25
Ilustración 3-2: Recepción de materia prima	33
Ilustración 3-3: Acondicionamiento de la leche	33
Ilustración 3-4: Enfundado	34
Ilustración 3-5: Enfundado de Leche.....	35
Ilustración 3-6: Calentamiento.....	35
Ilustración 3-7 Adición de cuajo.....	36
Ilustración 3-8: Cortado.....	36
Ilustración 3-9: Desuerado.....	37
Ilustración 3-10: Reposo.....	37
Ilustración 3-11: Moldeado	38
Ilustración 3-12: Prensado	38
Ilustración 3-13: Diagrama de Balance de masa del queso fresco	49
Ilustración 3-14: Operación de la Marmita para pasteurización de leche.....	60
Ilustración 3-15: Forma de la Marmita	66

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LECHE CRUDA...	108
ANEXO B. EXÁMEN FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE PASTEURIZADA	109
ANEXO C. EXÁMEN MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO DEL QUESO FRESCO	110
ANEXO D. DISEÑO DE MARMITA PARA LECHE PASTEURIZADA	1
ANEXO E. DISEÑO DE MARMITA PARA QUESO	1
ANEXO F. DISEÑO DE MESA DE MOLDEO	2
ANEXO G: DISEÑO P&ID	3
ANEXO H: DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	4

RESUMEN

La Asociación de Trabajadores Agrícolas San Pedro de Lluclud, se dedica a la producción de leche. Sin embargo, la falta de rentabilidad y la ausencia de transformación agroindustrial en el sector han llevado a una situación de deforestación y deterioro ambiental. Para abordar estos desafíos, este proyecto tuvo como objetivo diseñar una planta de productos lácteos para la asociación agrícola, caracterizando la leche, identificando variables de producción y evaluando la viabilidad económica para implementarla con éxito. La metodología incluyó análisis fisicoquímicos y microbiológicos cumpliendo normativas específicas, asegurando la calidad de la leche cruda y productos finales. La pasteurización siguió estándares definidos (NTE INEN 1528:2012, FAO), con análisis de transferencia de calor, por último, se realizó un análisis financiero. Los resultados revelaron una leche cruda con un excelente perfil: 3.19% de proteínas, 4.18% de grasa, 0.67% de cenizas, 13.01% de sólidos totales y 8.75% de sólidos no grasos, todos dentro de los estándares normativos. La acidez de 0.16%, la densidad de 1.0295 y el punto crioscópico de 0.53°C también cumplen con los rangos esperados. En microbiología, se registraron 100 UFC/ml de aerobios mesófilos y 1000 células somáticas/ml, indicando una calidad adecuada para la producción láctea. Por otro lado, los resultados obtenidos del análisis financiero muestran el valor Actual Neto (VAN) resultó positivo, indicando que el proyecto genera beneficios y es rentable, además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 17.3% supera la tasa de descuento del 15%, respaldando aún más la viabilidad financiera del proyecto. En conclusión, resultados indican que la inversión en la planta de lácteos es favorable y prometedora. La empresa puede esperar obtener ganancias significativas a lo largo del tiempo, lo que respalda la viabilidad financiera y la decisión de seguir adelante con el proyecto.

Palabras clave: <LÁCTEOS>, < PASTEURIZACIÓN>, < RENTABILIDAD>, <CALIDAD>, < VIABILIDAD>

2089-DBRA-UPT-2023



SUMMARY/ABSTRACT

The San Pedro de Lluçud Agricultural Workers Association is dedicated to milk production. However, the lack of profitability and the absence of agro-industrial transformation in the sector have led to a situation of deforestation and environmental deterioration. To address these challenges, this project aimed to design a dairy plant for the agricultural association, characterizing the milk, identifying production variables, and assessing the economic feasibility to implement it successfully. The methodology included physical-chemical and microbiological analyses in compliance with specific regulations, ensuring the quality of the raw milk and final products. Pasteurization followed defined standards (NTE INEN 1528:2012, FAO), with heat transfer analysis, finally, a financial analysis was performed. The results revealed a raw milk with an excellent profile: 3.19% protein, 4.18% fat, 0.67% ash, 13.01% total solids and 8.75% non-fat solids, all within regulatory standards. The acidity of 0.16%, density of 1.0295 and cryoscopy point of 0.53°C also meet the expected ranges. In microbiology, 100 CFU/ml of mesophilic aerobes and 1000 somatic cells/ml were recorded, indicating an adequate quality for milk production. On the other hand, the results obtained from the financial analysis show that the Net Present Value (NPV) was positive, indicating that the project generates benefits and is profitable, in addition, the Internal Rate of Return (IRR) of 17.3% exceeds the discount rate of 15%, further supporting the financial viability of the project. In conclusion, results indicate that the investment in the dairy plant is favorable and promising. The company can expect to earn significant profits over time, supporting the financial viability and the decision to move forward with the project.

Key words: <DAIRY>, <PASTEURIZATION>, <PROFITABILITY>, <QUALITY>, <VIABILITY>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

C.I: 1103696132

INTRODUCCIÓN

La leche es un producto primario de consumo diario, necesario en todas las etapas de la vida de un ser humano, debido a su aporte de energía, nutrientes y prevención de patologías. (Fernández et al. 2015) El mundo occidental fue el pionero del consumo de leche no materna en el mundo, donde inició el interés de domesticar animales tales como cabras u ovejas salvajes, con el fin de ordeñarlas antes de su sacrificio y consumo de carne.(Díaz, 2017, pág. 58) Por su lado, la leche de vaca ha estado presente aproximadamente hace 10 000 años en el mundo. (Fernández et al. 2015 págs. 93-94)

La producción láctea tuvo avances muy pequeños durante muchos siglos, se conoce que hasta el siglo pasado una vaca tenía la capacidad de producir menos de 2000 litros de leche durante el periodo de lactación, hoy en día una vaca produce frecuentemente 15000 litros de leche durante el mismo periodo, debido a la mejora en alimentación, manejo de ganado y la inseminación artificial. Una de las ventajas de la leche es su facilidad de conservación por métodos primitivos al cuajarla, desuerarla y por lo tanto concentrarla, dependiendo de las condiciones en las que se realiza se pudieron haber originados diferentes productos, por lo tanto, no se sabe con exactitud cuál fue el primer derivado lácteo. (Díaz, 2017, págs. 86-87)

En el año de 1864 por medio del descubrimiento de Louis Pasteur basado en calentar la leche a una temperatura inferior a la de ebullición para disminuir la cantidad de microorganismos patógenos, se inició con la práctica de hervir la leche antes de su consumo, sin embargo, al no contar con instalaciones adecuadas o ciclos cerrados existía la posibilidad de recontaminación. (Díaz, 017, pág.89).

Por otro lado, El queso es, uno de los productos derivados, que surge, según la historia, por la fermentación de la leche expuesta al sol y envasada en una bolsa hecha de piel de cordero. No se sabe con certeza el lugar, ni los protagonistas de su descubrimiento, s. Sin embargo, según otros autores señalan que sumerios, 5000 años A.C. y posteriormente los egipcios 10000 años A.C. son los pioneros en la elaboración del queso, puesto a que eran una de las culturas ya establecidas., Además, también hay evidencia en el antiguo Testamento donde personas del actual Israel ya elaboraban el queso. (Engelmann y Holler, 2008; citados en Villegas y de la Huerta, 2013). Al final de la década de los sesenta se publica el primer Catálogo de Quesos español, pero debido a la dificultad para su comercialización, la producción era mínima, años después gracias a los descubrimientos tecnológicos su producción aumentaría de manera simultánea en el mundo. (Díaz, 2017, pág.89).

En estos últimos años, aproximadamente 150 millones de familias se dedican a la producción de leche en el mundo, siendo la India el mayor productor (22% de la producción total mundial), seguida de Estados Unidos, China, Pakistán y Brasil. A pesar de ello, Existen países con excedentes de producción (Nueva Zelanda, EEUU) y otros con déficit (China, Italia, México). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

En lo que respecta a Ecuador, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos se produce 6,1 millones de litros diarios de leche cruda, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2020), S siendo una de las principales fuentes de ingresos para casi 1,2 millones de personas, y las provincias de siendo Pichincha, Manabí y Chimborazo las provincias de las de mayor producción de leche cruda. En el país no existen importaciones de leche cruda, por el contrario, se realizan exportaciones hacia Venezuela, Chile, Colombia; Asimismo, se registran exportaciones de derivados lácteos hacia países como Colombia, Estados Unidos y otros. Sin embargo, También existen importaciones de derivados lácteos que representaron 4,16 millones de dólares en el año 2020. (Corporación Financiera Nacional,2021). El volumen de crédito nacional destinado a la producción de leche cruda disminuyó en 31%, mientras que el volumen brindado al sector de derivados lácteos aumentó en 24% por lo que es necesario promover la fabricación nacional de este tipo de productos.

En base a lo descrito, El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de una Planta de Producción de leche pasteurizada y queso. Para lo cual se utilizó, utilizando leche cruda proveniente de la producción ganadera de la Comunidad de Lluçud, ubicada en el Cantón Chambo. Se realizaron pruebas de laboratorio basada en Normativa NTE 009 para que garantizaron la inocuidad, así también se realizó una simulación a nivel de laboratorio de la producción de queso fresco y leche pasteurizada, al identificar las variables de diseño, se dimensionaron los equipos acordes al presupuesto y volumen de producción de leche.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planeamiento del Problema

La leche y sus derivados no son solo productos agrícolas a nivel local, el 15% del comercio agrícola mundial está representado por esta industria (Görkem 2019a). Además, se espera que la tasa de crecimiento anual de producción de leche para el año 2028 sea de 1,7% por año. (FAO 2019).

En Ecuador la producción de leche se ha adaptado eficientemente en las últimas décadas, debido al incremento de consumo de este producto en la dieta diaria. En la provincia de Chimborazo, las políticas públicas han posibilitado el crecimiento del sector lechero, sin embargo, las mismas estas no se han comprometido con la verdadera transformación agroindustrial. (Antonio et al. 2017)

La Asociación de Trabajadores Agrícolas San Pedro de Llucud, formado por alrededor de 40 ganaderos de la zona, tiene como principal actividad la producción y acopio de leche de ganado vacuno de, alrededor de 640-700 litros diarios. El precio de venta de la leche es de 0,40 centavos, sin embargo, este valor no cubre todo el proceso para la obtención de la misma. (Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Llucud”, 2019).

El lugar dónde se encuentra ubicada la Comunidad de Llucud se ubica en una zona alta, con cercanía al páramo, donde la deforestación para la creación de pastos y forraje ha incrementado, destruyendo parte del Bosque. Debido a la poca rentabilidad que tiene la actividad, los comuneros incrementan el número de ganado vacuno con el fin de generar más ingresos, sin embargo, esto acrecienta el problema ambiental y turístico del sector.

Los problemas presentados con anterioridad se pueden disminuir con el seguimiento de normativas de calidad para productos y procesos lácteos, mediante el “Diseño de una planta de productos lácteos para la Asociación de Trabajadores Agrícolas de San Pedro de Llucud” aprovechando el estudio técnico del proyecto para posteriormente aplicarlo en el emprendimiento comunitario, generando empleo, promover organización, capacitaciones y beneficios tanto sociales como económicos a los pequeños productores.

1.2 Justificación

Los productos lácteos brindan varios beneficios: dietéticos al proporcionar energía, proteínas y micronutrientes a los consumidores y beneficios sociales: asociados a la creación de empleos en países en vías de desarrollo y desarrollados. Alrededor de 240 millones de del mundo trabajan directa o indirectamente en esta industria (Görkem 2019). Al menos medio millón de ecuatorianos dependen directa o indirectamente de la cadena de lácteos generando aproximadamente 1600 millones de dólares al año (Alvarado 2017). Es así como la industria de producción láctea aporta 0,8% a la economía del país. (MAGAP 2019).

La Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Lluçud” genera la idea de brindar un valor agregado a su materia prima, introduciéndose en el mercado de derivados lácteos con la producción de leche pasteurizada y queso, promoviendo generando una mejor calidad de vida a los agricultores de la zona, beneficiándose de la actividad industrial, escalando un paso en la cadena de producción, pasando a ser parte de la transformación de sula materia prima que los mismos producen. Una alternativa viable para esta asociación es la producción a baja escala menor de productos lácteos puesto que requiere menor consumo de energía, además de la disminución de que sus costos son bajos respecto a que significan los equipos a gran escala.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar una Planta de productos lácteos para la asociación de trabajadores agrícolas “San Pedro de Lluçud”, ubicada en el Cantón Chambo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda, mediante la normativa NTE INEN 009. *Leche cruda. Requisitos.*
- Identificar las variables que influyen en el proceso de obtención de productos lácteos: queso y leche pasteurizada, basados en la normativa NTE IINEN 10. *Leche pasteurizada, Requisitos y normativa NTE INEN 1428. Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos.*

- Realizar un diseño ingenieril viable para la implementación de la planta de leche pasteurizada y queso fresco.
- Verificar la viabilidad económica del proyecto mediante la elaboración de un análisis financiero.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Comunidad

2.1.1 *Factores Sociales*

La comunidad de Llucud está habitada por 901 personas, concentra 7,58% del total de la población chambeña, considerándose una concentración poblacional media. La tasa de crecimiento anual de la población es de 1,13%, para el año 2020 se previó que la población fuese de 1008 habitantes. (GAD CHAMBO 2019)

En la comunidad existe una Unidad Educativa “Cacique Achamba”, con un total de 58 niños, donde se imparte educación inicial y básica, las clases son dictadas por 3 maestros, se encuentra 711,31 m de la localización de la futura planta. También hay la presencia de un Centro de Salud a 813,7 m del lugar.

2.1.2 *Factores Técnico- Económicos*

2.1.2.1. *Terreno*

Es un sector con pendientes comprendidas entre 0 y -25%, su uso principal está destinado a ganadería, uso compatible de viviendas familiares, mejoras ambientales, deportes, turismo, uso forestal, fincas, huertos familiares, etc. Es permitido el uso del suelo para comercio de abonos, construcciones para la transformación de materia prima, construcciones agroalimentarias, todas estas últimas actividades se realizarán de manera condicionada. (Davalos Moncayo 2014). En el caso de la industria de derivados lácteos donde se generan residuos, estos deberán ser tratados previo a su disposición final.

Tiene acceso a una carretera de tercer orden municipal, a 261,21 m se encuentra la vía principal de asfalto “Leopoldo Freire”, misma que dirige hacia el centro del Cantón Chambo.

2.1.2.2. Servicios básicos

La comunidad cuenta con energía eléctrica a un costo de USD 0,04 kW/h y servicio de agua potable, su costo acorde al volumen de consumo se detalla a continuación:

Tabla 2-1: Tarifa de cobro de agua potable de Cantón Chambo

Consumo mensual (m ³)	Tarifa Básica (USD)	Tarifa adicional (USD/ en exceso)
0-50	10	-
51-100		0,18
101-150		0,19
151 o mas		0,21
Trabajo de mantenimiento \$0,65 ctvs.		

Fuente: GAD CHAMBO 2017

Realizado por: Flores P., 2023

2.2 Antecedentes de la Asociación



Ilustración 2-1: Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Llucud”

Fuente: Flores, P., 2023

Los centros de acopio se formaron en el año 2003 en busca de beneficios para pequeños productores agrícolas impulsado por la Asociación de Ganaderos de la Sierra y Oriente, entre algunos de los beneficios se encuentra el almacenamiento de leche cruda en tanques fríos,

actualmente existen 52 centros de Acopio ubicados en zonas donde existe mayor influencia de producción lechera.

La Asociación de Ganaderos Agrícolas “San Pedro de Llucud” está ubicada en la Comunidad de Llucud a 5 km del centro del Cantón Chambo, formada en el año 2014, con el fin de generar beneficios para sus asociados, brindando servicios de agricultura y ganadería. Cuenta con una propiedad de 1370,1 m² donde se ubica un tanque de enfriamiento con capacidad de 2000 litros y un laboratorio dedicado al análisis de la leche cruda que se recibe diariamente en este centro de acopio, conformada por 40 ganaderos de la zona, quienes producen alrededor de 700 a 800 litros diarios, distribuyen leche cruda a dos empresas lácteas ubicadas en la ciudad de Riobamba.

Se realizan dos ordeños al día con el fin de preservar las ubres del animal y aumentar la salubridad de la leche, misma que es recolectada dos veces al día: a las 7 am y 4 pm; incluyendo los días de feriados o fines de semana.

La cantidad de litros vendidos depende de la demanda de las medianas plantas de producción de derivados lácteos, quienes observan la calidad y ofertas recibidas por varios productores de leche, en algunas ocasiones no se respeta el valor establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, variando el precio desde los 0,30 a 0,40 centavos.

2.3 Aspectos fundamentales de la leche

2.3.1 Definición

- ❖ **Biológica:** es el producto obtenido de la secreción de glándulas mamarias procedentes de las hembras mamíferas, luego del nacimiento de la cría, en sus primeras etapas de vida. (Alais, 1985); e el animal produce leche durante el periodo de lactancia que dura 180 a 300 días aproximadamente.
- ❖ **Legal:** es un producto íntegro, fresco, libre de calostro procedente de mamíferos bien alimentados y sanos, que cumpliendo con las características físicas, químicas y microbiológicas establecidas por el código sanitario local. (Villegas de Gante, 2009).
- ❖ **Tecnológica:** es una emulsión de grasa en una solución acuosa, compuesta por diversas sustancias en forma de disolución (azúcares y sales) y otra en emulsión (proteínas) (Isique, 2014).

2.3.2 *Composición*

La leche está conformada por:

- ❖ Sólidos no grasos como: proteínas (caseína, proteínas del suero), lactosa, vitaminas hidrosolubles y sales minerales. La proteína de la leche, caseína, contiene fósforo mismo que es responsable de la formación de cuajo cuando ocurre acidificación. (Porter, 1981).
- ❖ Sólidos grasos como: triglicéridos, vitaminas liposolubles y caroteno.

Los sólidos grasos y no grasos constituyen del 11 al 15% de su composición, el resto de porcentaje es agua. Cabe destacar que la, varía esta composición varía con el tipo, raza, hora de ordeño del animal, etc. (Badui Dergal, 2006).

2.3.3 *Propiedades físicas*

- ❖ Aspecto: la leche presenta una coloración blanca, en algunos casos color crema debido a la presencia de grasa o ligeramente azulada en ausencia de la misma, la leche sin contaminación presenta un olor característico de leche, la presencia de bacterias coliformes desarrolla mal olor, el sabor de la leche fresca es medio dulce y neutro. (Keating, 2002).
- ❖ Densidad: la gravedad específica expresada en grados de densidad tiene valores de 1,028-1,034 a una temperatura de 15°C.
- ❖ pH: la leche de vaca es débilmente ácida, tiene un valor de 6,50 a 6,65, la acidez desarrollada se debe a la producción de ácido láctico a partir de la degradación microbiana de lactosa, y la acidez natural surge como consecuencia de la presencia de sustancias minerales. (Alais, 1985).
- ❖ Viscosidad: se debe a la presencia de materia grasa en estado globular. Este parámetro s. se encuentra en un rango de 1,9 a 2,2 centipoises, en el primer caso corresponde a leche descremada y el segundo caso a leche completa. La contaminación por microbios (en especial estreptococos lácticos) incrementa el valor. (Alais, 1985)
- ❖ Punto de Congelación: la leche se congela por debajo de los 0°C y, por lo general, su punto de congelación es de -0,55°, valores iguales e inferiores a -0,53 representan la posibilidad de adición de agua.
- ❖ Punto de Ebullición: la temperatura de ebullición es ligeramente más elevada que la del agua.

2.3.4 Contaminantes

La leche puede sufrir alteraciones y defectos por la presencia de varios factores como:

- ❖ Sustancias extrañas: correspondientes al forraje suministrado durante el ordeño o instantes previos al mismo, así como, alteran el sabor de la leche, asimismo la cercanía de productos de limpieza o productos químicos., los cuales alteran el sabor de la leche.
- ❖ Residuos Antibióticos: generalmente los más utilizados son la penicilina y estreptomina para el tratamiento de la mastitis, la penicilina suministrada en primera ocasión suele eliminarse en el segundo ordeño, suministrada en una segunda ocasión compromete la leche al menos por cuatro días, misma que no puede ser mezclada con otra leche destinada a la producción. (Veisseyre, 1980).
- ❖ Contaminantes biológicos: los grupos contaminantes son bacterias, hongos, virus.; m Muchos de ellos son patógenos para los consumidores. Dentro de los más comunes encontramos a. *Streptococcus lactis*, bacterias coliformes, enterococos, estafilococos, mismos que producen la acidificación de la leche. (Veisseyre, 1980).
- ❖ Otros: el sabor a leche rancia se produce por aire en las tuberías de conducción y por la mezcla de leche refrigerada con leche recién ordeñada. (Jim [sin fecha]).

2.3.5 Almacenamiento

La temperatura de la leche luego del ordeño es de 37 °C, a esta condición el crecimiento de los microorganismos se ve favorecido. Por tal caso es propicio refrigerarla a temperaturas inferiores a 10°C para disminuir el incremento de esta especie. También es necesario realizar una ligera agitación para conservar la emulsión.(Jim [sin fecha]). Por otro lado, a temperaturas de 4-8°C existe una variación de 0,20% en el pH, sin embargo, esta es la temperatura más adecuada para el almacenamiento de la leche cruda.

2.4 Derivados lácteos

2.4.1 Leche pasteurizada

Es leche cruda homogenizada o no, que pasa por un proceso térmico para eliminar de manera garantizada microorganismos patógenos y la mayor parte de microorganismos banales (saprofitos), de manera que no se alteren las características nutricionales de la misma. (INEN0010 2012).

2.4.1.1. Pasteurización

Es un tratamiento térmico que tiene como objetivo destruir los microorganismos patógenos de la leche, alterar mínimamente la estructura física y nutritiva de la leche; se somete a temperatura de 72°C por 15 segundos (proceso continuo) o a 65-67°C por 30 minutos (proceso intermitente) (INEN0010 2012).

2.4.1.2. Tipos de Pasteurización

Existen varios factores a tomar en cuenta antes de iniciar el proceso de pasteurización tales como acidez, patógenos, nutrientes a conservar, calidad organoléptica. Mientras más alta es la acidez, la temperatura de pasteurización es mayor.

Los productos pasteurizados son inactivados del patógeno *Listeria monocytogenes*, sin embargo, no es adecuado para la inactivación de *Clostridium botulinum*, por lo tanto, es recomendable el almacenamiento de los productos bajo refrigeración, a 5°C estas esporas se regeneran en 42 horas, por lo dicho anteriormente el producto tiene un tiempo de vida útil corto. (Yagniotis 2008).

Tabla 2-2: Diferencias entre pasteurización rápida y pasteurización lenta

Pasteurización rápida	Pasteurización lenta
Se modifican las propiedades de la leche. Albumina y globulina se coagulan parcialmente.	Los glóbulos grasos no se alteran, no se producen cambios en las propiedades de la leche.
Es utilizada normalmente a nivel industrial, para un volumen mayor a 2500 litros al día.	Es utilizado para producir entre 2500 litros de leche pasteurizada o menos al día.
Se lleva a cabo en un intercambiador de calor.	Se realiza en un tanque con camisa y un agitador.

Menor exposición a la contaminación.	Mayor exposición a la contaminación.
--------------------------------------	--------------------------------------

Fuente:(Milk et al. 1993)

Realizado por: Flores P.,2023

2.4.1.3. Etapas de elaboración de leche pasteurizada.



Ilustración 2-2: Diagrama de elaboración de leche pasteurizada

Fuente: FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015

- ❖ **Recepción:** se almacena la leche a una temperatura de 4°C, mientras se espera por el proceso de pasteurización, se realizan las pruebas de análisis sensorial, determinación de acidéz y grasa.
- ❖ **Filtración:** la leche pasa a través de un filtro de tela para eliminar las impurezas.
- ❖ **Pasteurización:** se calienta la leche en un pasteurizador de placas (en el caso de la pasteurización rápida) generalmente este tipo de maquinaria es automatizado y se realiza a una temperatura de 75°C por 15 segundos y su enfriamiento de manera continua hasta los 4°C. En el caso de la pasteurización lenta se realiza en condiciones de temperatura de 65 a 67°C por 30 minutos en un pasteurizador con chaqueta, donde se hace circular agua caliente y ajustarla hasta la temperatura deseada, obtenida la temperatura se debe agitar la leche y dejarla reposar por 30 minutos cerrando el suministro de calor.

- ❖ **Enfriamiento:** pasado el reposo se retira el agua caliente del pasteurizador, y se la reemplaza por agua fría, agitándola constantemente y repitiendo el proceso hasta alcanzar una temperatura de 50°C.
- ❖ **Almacenamiento:** la leche se almacena a 4-5°C.

2.4.2 Queso

2.4.2.1. Definición:

Es un producto lácteo blando, semiblando, duro, ya sea madurado o no. (INEN 2012); obtenido mediante la coagulación enzimática.

2.4.2.2. Clasificación de los quesos:

- ❖ Según el contenido de humedad: Se presentan quesos frescos 60-80%, blandos 55-57%, semiduros 42-55% y duros 20-40%.
- ❖ Según el contenido de grasa: que corresponde al porcentaje de grasa (% sobre extracto seco se clasifican en) extra graso (más del 60%), graso (45-60%), semigraso (25-45%) y, magro (menos del 10%).
- ❖ Según su textura: con agujeros redondeados, de textura granular, de textura cerrada. (Madrid, 1990).

2.4.2.3. Coagulación

Es producida por medio de enzimas o ácidas, las proteínas se tornan insolubles convirtiendo el aspecto de la leche en gelatinoso.

Coagulación ácida: es muy utilizado para la producción de queso fresco, bajando el pH de la leche hasta llegar al punto isoeléctrico de la caseína (por 4,65).

Coagulación enzimática: se produce por la adición de cuajo y, consta de dos fases. La primera donde surge la separación de la caseína en paracaseína 95% y suero 5%; la segunda fase es la coagulación la paracaseína, calcio y fosfato que forma un complejo de paraseinato cálcico y

fosfático responsable, que se da una consistencia gelatinosa da la leche cuajada. (Meyer, y otros, 2006)

2.4.2.4. Etapas de elaboración de queso fresco.

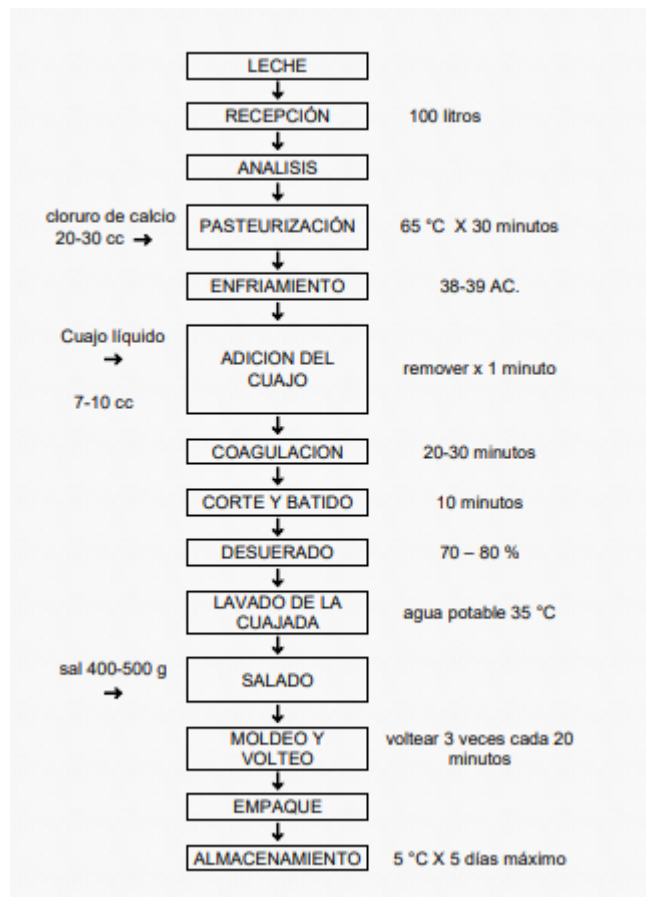


Ilustración 2-3: Diagrama de elaboración de queso fresco

Fuente: FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015)

- ❖ **Recepción:** se mide en volumen la cantidad de leche cruda a ingresar al procesamiento y se pasa por un filtro de tela para eliminar las impurezas.
- ❖ **Análisis:** se realizan pruebas para determinar la calidad de la materia prima, entre las principales son la acidez, análisis organoléptico y porcentaje de grasa.
- ❖ **Pasteurización:** calentamiento de la leche 65°C por 30 minutos, se añade un porcentaje de cloruro de calcio 0,020 a 0,030 en base a la cantidad de leche ingresada al proceso.
- ❖ **Enfriamiento:** hasta una temperatura en el rango de 38 a 39° C, haciendo pasar agua fría por la chaqueta.

- ❖ Adición de cuajo: se añade de 7 a 10 ml por cada 100 litros de leche, mientras se agita por 1 minuto para que se disuelva el mismo. Luego se mantiene en reposo por 20 a 30 minutos, a la temperatura de 38 a 39°C
- ❖ Corte: se realiza utilizando un cuchillos o lira de corte durante 10 minutos, con el fin de eliminar el suero.
- ❖ Desuerado: se elimina un 70 a 80% de suero utilizando un colador.
- ❖ Lavado de cuajada: se realiza con agua tibia a 35°C, reemplazándola por el suero y escurriéndola al momento.
- ❖ Salado: se añade de 400 a 500 gramos de sal por cada 100 L de leche, mientras se agita levemente con una paleta de madera.
- ❖ Moldeo y volteado: se coloca la cuajada resultante del paso anterior en moldes de preferencia acero inoxidable y se voltea 3 veces cada 30 minutos.
- ❖ Empaque: generalmente se utiliza fundas plásticas para garantizar hermeticidad.
- ❖ Almacenamiento: se almacena a temperaturas entre 5 y 7°C.

2.5 Producción de leche y derivados lácteos en Ecuador

2.5.1 Producción de leche cruda a nivel nacional

La producción de lácteos en el Ecuador se inició en el año 1950, implantándose servicios profesionales para el apoyo en la cría, producción y ganadería.

El consumo per cápita de la leche en Ecuador fue de 105 litros por año, datos obtenidos para el año 2018-2021. (Veterinaria Digital, 2022).

Para el año 2017 las personas empleadas en la UPA (Unidad de Producción Agropecuaria (UPA)) fue de 145.215. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo 2017). En la Sierra Ecuatoriana a una altura de 2500-3500 metros sobre el nivel del mar forja la mayor parte de la producción lechera. Las provincias de Pichincha con sus 8 cantones generan el mayor volumen de leche diariamente en los últimos 50 años. (Viscarra R, Lasso R 2015).

Tabla 2-3: Cifras del destino de lácteos por Región

REGIÓN	Producción (litros)	DESTINO (litros)					Desperdiciada
		Venta en líquido	Consumo en UPA	Alimentación en balde	Procesada en UPA	Otros.	
SIERRA	4'535.235	3'806.971	274.245	89.297	363.999	526	5198

COSTA	933.330	358.246	91.234	13.715	465.804	2775	1556
ORIENTE	230.481	97.679	19.601	8.757	103.566	141	731
TOTAL	5'699.046	4.262.896	385.079	106.769	933.369	3441	7491

Fuente: ESPAC,2021

Realizado por: Flores P.,2023

2.5.2 Producción de leche cruda en Chimborazo

La actividad agropecuaria ocupa alrededor de 600.000 hectáreas en sus 10 cantones: Alausí, Cumandá, Guamote, Pallatanga, Chambo, Riobamba, Colta, Chunchi, Penipe y Guano. A diferencia de la producción lechera en Pichincha se encuentra en su mayoría formada por haciendas, en Chimborazo las haciendas solo representan 4% y las producciones pequeñas representan el mayor porcentaje. (Viscarra R & Lasso R 2015)

La producción lechera de Chimborazo figura el 8% de la producción nacional diaria, siendo producidos 533.810 litros de leche cruda por día, en el año 2021.

Tabla 2-4: Destino de leche cruda en Chimborazo

Total, de vacas ordeñadas = 79.310	Litros/ día
Destino	
Venta	471.141
Alimentación en balde	9381
Consumo en la UPA	37.728
Procesada en UPA	15.536
Otro	23
Total	533.810

Fuente: (ESPAC, 2021)

Realizado por: Flores P.,2023

2.5.3 Destino de leche cruda

En el año 2022, la cantidad de litros de leche cruda producidos en Ecuador fue de 5'502.787 L/día promedio, el número total de vacas ordeñadas al día fue de 815.065, con un promedio de

rendimiento de 6.75 litros/vaca. En el mismo año se destinó un 51,8% de la leche producida para la Industria formal, 9,7% consumo en finca y 38,5% destinada a la Industria informal. En términos monetarios las ventas anuales de leche cruda generan 1'046,24 millones de dólares. (CIL, 2022)

De la cantidad de leche cruda destinada a la Industria formal, se destina 50,3% leche fluida, 15,6% queso, 12,7% leche en polvo, 9,1% yogurt, 12,3% otros lácteos. (CIL, 2022)

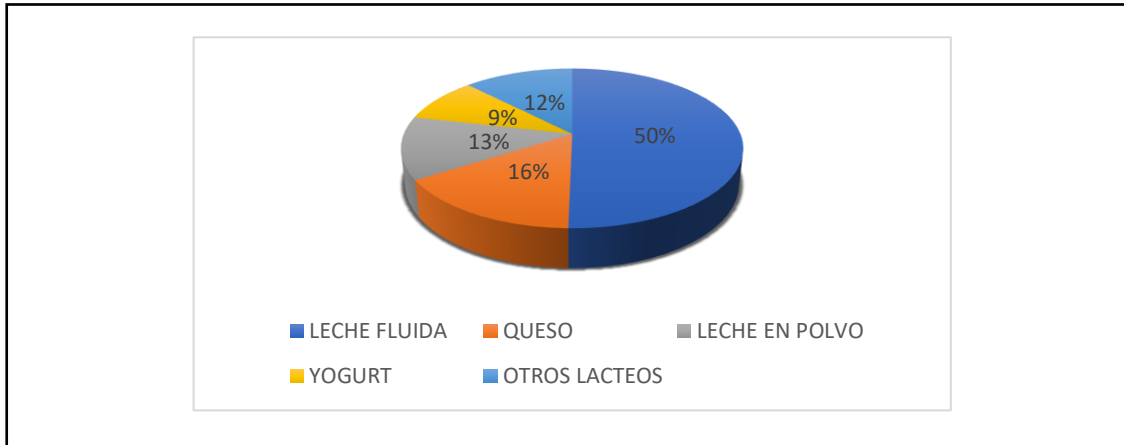


Ilustración 2-4: Destino de leche cruda en Ecuador

Realizado por: Flores, P. 2023

En la zona interandina se encuentran más de 400 queseras, en Chimborazo predomina la quesería rural, trasladando sus productos a las provincias de Pichincha, Guayas y Los Ríos.

2.6 Especificaciones de tipo legal

2.6.1 Permiso de funcionamiento

El primer paso para la legalidad del proyecto es inscribir el nombre o marca de la empresa o productos en el IEPI (Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual) en la página del SENADI (Servicio Nacional de Derechos Intelectuales), además de obtener el número de Registro Único de Contribuyentes (RUC).

Es necesario realizar la categorización otorgada por el Ministerio de Producción o por la Superintendencia de Economía Popular y Solidaria. Para los establecimientos destinados a la Elaboración de Productos Lácteos y Derivados la Categoría es 28.5 y su obtención no tiene costo. (ARCSA 2020).

Posteriormente se obtiene el permiso de funcionamiento ingresando a la página <http://permisosfuncionamiento.controlsanitario.gob.ec/>; en el caso de negocios pequeños este procedimiento no tiene costo alguno, también es necesario registrar la actividad en el SRI.

2.6.2 Notificación sanitaria

La notificación sanitaria es un certificado que permite la libre comercialización de productos bajo requisitos exigidos (calidad, inocuidad) por el ente competente, mismo que corresponde a la Agencia de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) y, tiene una vigencia de 5 años a partir de su expedición. (ARCSA 2018).

Su emisión se realiza por medio de dos procedimientos:

- ❖ Notificación sanitaria de forma simplificada para productos como: queso fresco.
- ❖ Notificación sanitaria por medio del procedimiento general para leche pasteurizada enfundada o en envases de vidrio.

Para la notificación sanitaria de forma simplificada se procede de la siguiente manera:

- ❖ Diseñar la etiqueta de acuerdo a reglamento técnico ecuatoriano, avalado por laboratorios certificados que sostengan la información nutricional.)
- ❖ Detallar las características del material de envase.
- ❖ El representante legal o técnico firmar la descripción del código de lote y el proceso de elaboración del producto, por parte del representante legal o técnico. El modelo de estos documentos se encuentra disponibles en la página del ARCSA.
- ❖ Cancelar el costo del este trámite es de 104,53 dólares americanos.

La notificación sanitaria por el procedimiento general se realiza para la leche pasteurizada, a diferencia del procedimiento simplificado el proceso para la elaboración del producto debe ser verificado y avalado por un técnico del ARCSA.

2.6.3 Normativas de manipulación de alimentos

Las Buenas prácticas de manufactura (BPM) son el primer eslabón para iniciar los sistemas de inocuidad, consecuentemente, se puede implementar la normativa HACCP (Análisis de peligros y puntos críticos de control) y posteriormente, una normativa con un sistema de gestión más robusto ISO 22000.

Las normativas anteriormente mencionadas se basan en la garantía de inocuidad de alimentos, evitando enfermedades derivadas del consumo de alimentos a nivel de consumidor y a nivel de productor la pérdida económica y desprestigio de la marca de los productos. La Normativa (BPM) debe ser implementada en todas las industrias, independientemente del tamaño, trabajando desde la producción de materia prima hasta la venta del producto elaborado, a lo largo de la cadena alimentaria.

2.3.4 Permiso de suelo.

Según lo establecido en la Sección 5: Actividades Industriales, manufactureras y Artesanales; Art. 37 de la Ordenanza del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Chambo, este tipo de actividades deben realizarse fuera del área urbana, podrán ser ubicadas en el área rural con la condición de que no exista contaminación al ambiente, también depende del nivel de impacto de la actividad, el procesamiento industrial de alimentos es considerados como actividades de medio impacto.

El Art.71 se refiere al uso principal y compatible de la Comunidad de Lluçud, donde se encuentran suelos con una pendiente entre 0-25%, dentro de las acciones permitidas, pero con uso condicionado se encuentran las “Construcciones agroalimentarias de primera transformación ligadas directamente a una explotación”. (Davalos Moncayo 2014).

2.7 Diseño de plantas.

2.7.1. Factores para la elección de localidad.

Las recomendaciones para escoger el sitio donde se ubica la planta pueden ser numerosas, según una encuesta realizada a 201 empresas estadounidenses, donde se concluyen tomar en cuenta varios factores realmente importantes tales como: transporte, mano de obra disponible, espacios para posible expansión, comunidades aledañas, instalaciones previas existentes, provisionamiento de agua, costo y disponibilidad de transporte, condición de vida, eliminación de desechos, cercanía a mercados, enseñanza secundaria o universitaria, topografía, abastecimiento de combustible, clima, comunicaciones, políticas locales o legales, salarios, coste de viviendas o edificios, disponibilidad de personal técnico o ejecutivo. (Vallhonrat,1991, p.27).

2.7.2. *Etapas del diseño de plantas.*

Existen varias etapas antes de la implantación de un proyecto, a medida que avanzan las etapas se incrementa la información, estudios, análisis, tiempo y dinero.

Diseño a nivel de idea: se consideran varias opciones dependiendo de las necesidades del mercado, el principal objetivo de esta etapa es la concepción del proyecto.

Diseño preliminar: tiene como objetivo estimar la inversión del capital, requerimientos de equipos y operaciones unitarias del proceso.

Diseño de ingeniería básica: definir las edificaciones de manera aproximada, definir el Lay-out de la planta.

Diseño a nivel detallado o proyecto constructivo: se elaboran documentos necesarios para la puesta en marcha de la planta.

2.8 Balances de materia y energía en el proceso

2.8.1 *Balance de materia*

La materia prima utilizada en una producción rige bajo la ley de conservación de masa, tomando en cuenta, sistema cerrado el balance de masa que expresado como: (Alvarado, 1996)

$$\mathbf{m_e + m_g - m_s - m_c = m_a} \quad \text{(Ec. 2-1)}$$

Donde:

m_e =Masa que ingresa al sistema

m_g = Masa generada

m_s = Masa que sale del sistema

m_c =Masa consumida

m_a = Masa acumulada

Todos los valores expresados en unidad de kilogramos (kg). En algunas ocasiones no existe masa generada o consumo de masa, por tanto, la ecuación sería la siguiente:

$$m_e - m_s = m_a \quad (\text{Ec. 2-2})$$

2.8.2 Balance de energía

Para conocer los requerimientos de energías en los procesos es necesario desarrollar cálculos de energía del proceso. Partiendo de la primera ley de la termodinámica, conservación de energía, en términos matemáticos la ecuación en forma diferencial del balance de energía es:

$$\frac{dE_{\text{sis}}}{dt} = \Sigma \quad (\text{Ec. 2-3})$$

2.8.2.1. Transferencia de calor

Es una ciencia que predice la cantidad de energía transmitida entre dos cuerpos que tienen diferencia de temperatura, trata de explicar la transmisión de energía calorífica y la velocidad en la que ocurre. (Holman 1998).

2.8.2.2. Mecanismos de transferencia de calor

❖ **Conducción:** Surge de la interacción molecular de partículas con energías altas hacia partículas con energías bajas, existiendo un gradiente de temperatura; También puede ocurrir en sólidos (metales puros) debido a la presencia de electrones libres, por lo tanto, es evidente que los mismos transmiten mejor el calor que las aleaciones y estos a su vez transmiten mejor la energía que los sólidos no metálicos. (James 1994).

$$\frac{q}{A} = k \frac{dT}{dx} \quad (\text{Ec. 2-4})$$

Donde:

q = rapidez de transferencia de calor, (Watts o Btu/h)

A = área de transferencia (m^2)

k = Conductividad térmica del material $\left(\frac{W}{mK}\right)$

$\frac{dT}{dx}$ = gradiente de temperatura en la dirección de x . $\left(\frac{K}{m}\right)$

❖ **Convección:** Está relacionada con la transferencia de calor entre un fluido adyacente y una superficie. D, dentro de la misma se puede distinguir dos tipos: convección forzada (impulsada por un agente del exterior, bomba o ventilador), convección natural (fluido más frío o caliente se encuentra cerca de la superficie). La expresión representa la velocidad de transferencia de calor por convección es:

$$\frac{q}{A} = h\Delta T \quad (\text{Ec. 2-5})$$

Donde:

q = rapidez de transferencia de calor por convección (BTU/h)

A = área a la dirección del flujo de calor (m^2)

ΔT = diferencia de temperatura entre la superficie y el fluido. (K)

h = coeficiente de transferencia de calor por convección. $\left(\frac{W}{m^2K}\right)$

❖ **Radiación:** es producido a través de ondas electromagnéticas, donde existe el vacío perfecto, cuando existe intercambio de calor por radiación entre dos cuerpos. (Holman 1998). Éste fenómeno no es observado en el diseño de equipos para lácteos.

2.8 Equipos para la producción de derivados lácteos

2.8.1 *Tanque de pasteurización con sistema de agitación.*

El objetivo principal de los equipos es la dispersión de dos fases no miscibles (grasa y leche), además de pasteurizarla.

Los recipientes con chaqueta de calentamiento o enfriamiento están equipados con un eje vertical donde se ubica un rodete accionado por un motor, el tanque tiene un fondo redondeado con el fin de que penetre todo el fluido dentro del mismo.

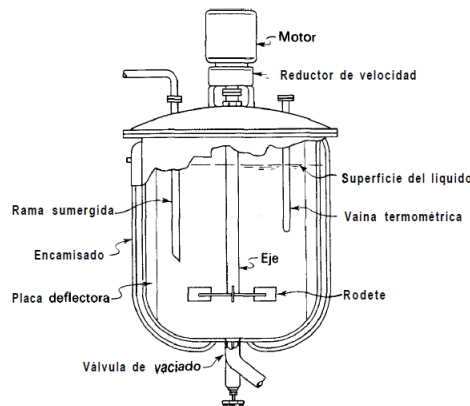


Ilustración 2-5 Tanque de pasteurización con sistema de agitación

Fuente: (Wkren, Smith y Harriott 1991)

2.8.1.1. Rodetes

Brindan un movimiento de tipo paralelo al eje o radial, denominados flujo axial y flujo radial respectivamente.

Existen 3 tipos de rodetes: hélice, palas y turbinas.

- ❖ Agitadores de hélice: son de flujo tipo axial, son útiles para fluidos con baja viscosidad, el motor tiene una velocidad 1150-1750 rpm, son eficientes para tanques de volúmenes grandes, el tamaño del diámetro de la hélice no es mayor que 45cm.
- ❖ Agitadores de paleta o pala: son de flujo tipo radial, las corrientes del líquido se dirigen hacia las paredes del tanque y después hacia arriba y abajo por lo que, son utilizados para evitar la presencia de sólidos en las superficies de transmisión de calor. Estos rodetes giran a una velocidad de 20-150 rpm y; la longitud debe estar a 50-80% del diámetro interno del tanque.
- ❖ Agitadores de turbina: el eje va montado en el centro del tanque, el diámetro del rodete es menor al diámetro de los agitadores de paleta de tal manera que sea 30-50% del diámetro del tanque.

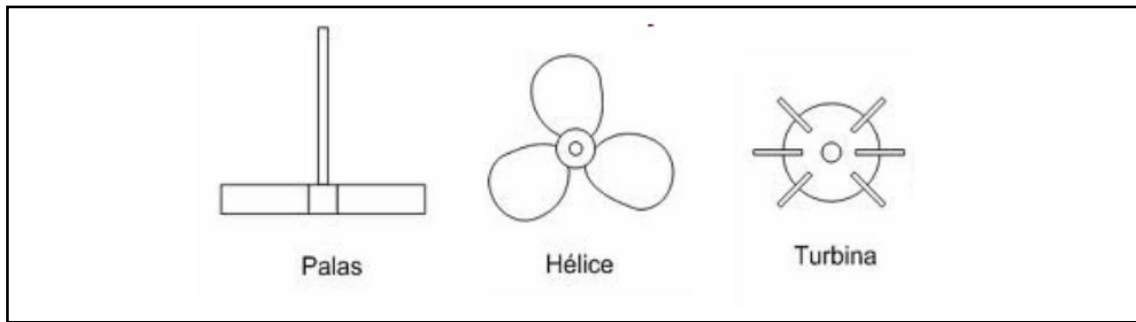


Ilustración 2-6: Tipos de agitadores

Fuente: (Colina 2019)

2.8.1.2. Cálculos para el diseño del tanque de agitación

Para encontrar la potencia necesaria para el funcionamiento del agitador es necesario calcular los siguientes parámetros

\emptyset = diámetro del rodete.

V = velocidad de giro del agitador.

ρ ; μ = densidad y viscosidad del fluido.

La potencia (P) se calcula a partir de correlaciones empíricas con las variables mencionadas anteriormente. A, además, se debe incluir el valor de la gravedad dado que, pues el líquido que sobrepasa los niveles del sistema de agitación, tendrá que vencer la fuerza de gravedad. Como consecuencia de las correlaciones se encuentran las siguientes:

❖ Número de Reynolds: se deduce del diámetro y velocidad del rodete.

$$NRe = \frac{\rho * v * \emptyset^2}{\mu} \quad (\text{Ec. 2-6})$$

Donde:

ρ = densidad del fluido

V = velocidad

\emptyset = diámetro

μ = viscosidad.

- ❖ Número de Potencia: es proporcional a la fuerza de fricción sobre el área de rodete por la fuerza inercial.

$$N_{po} = \frac{P}{\rho * \phi^5 * V^3} \quad (\text{Ec. 2-7})$$

- ❖ Número de Froude: relaciona el esfuerzo de inercia y esfuerzo gravitacional.

$$N_{Fr} = \frac{v^2 * \phi}{g} \quad (\text{Ec. 2-8})$$

2.8.1.3. Transferencia de calor en equipos de agitación

Los equipos utilizados para alimentos, tiene como base el principio de transferencia de calor de un medio de calentamiento hacia un alimento por medio de convección. El equipo de enfriamiento tiene una funcionalidad similar, donde los alimentos transfiere calor hacia un medio de enfriamiento, que puede ser agua fría o una corriente fría de alimentos. (Saravacos, George; Kostaropoulos, 2016)

Las correlaciones para equipos con sistemas de agitación con chaqueta son:

$$\frac{h\phi_i}{k} = a \left(\frac{\phi_a^2 v \rho}{\mu} \right)^b \left(\frac{C_p \mu}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{\mu}{\mu_w} \right)^m \quad (\text{Ec. 2-9})$$

Donde:

h = coeficiente de transferencia de calor del fluido ($W/m^2.K$)

; ϕ_i = diámetro interno del tanque (m)

; K = conductividad térmica (W/mK)

; ϕ_A =diámetro del agitador (m);

v = velocidad (rps);

ρ = densidad del fluido (kg/m^3);

μ = viscosidad (Pa.s).

Todas las propiedades se calculan en referencia a la temperatura general del fluido a excepción de μ_w la que se evalúa a la temperatura de T_w . Los valores de a y b se calculan dependiendo del tipo de agitador y la presencia o ausencia de deflectores.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del Proyecto.

El proyecto destinado a la producción de derivados lácteos se implementará en la Comunidad de San Pedro de Lluclud, ubicada a 5,1 km del Centro en el Cantón Chambo. Se prefirió este lugar por la proximidad a los proveedores y terreno propio disponible.

Tabla 3-1: Localización del Proyecto

Longitud	78,578779
Latitud	1,71
Altitud	3046 m
Clima	15-18 °C

Fuente: Google Maps

Realizado por: Flores, P., 2023

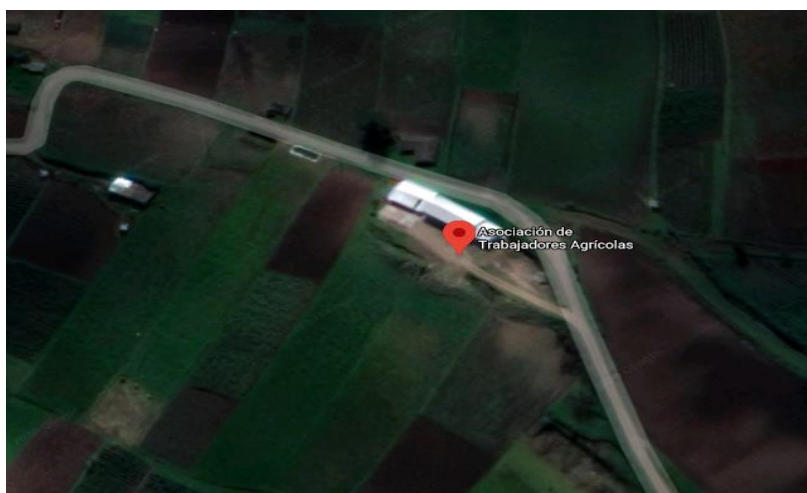


Ilustración 3-1: Localización del Proyecto

Fuente: Google Maps.

3.2 Beneficiarios Directos e Indirectos

3.2.1 *Los beneficiarios directos.*

Los principales beneficiarios serán familias productoras de leche, miembros de la asociación pertenecientes al cantón Chambo, Parroquia Chambo, Comunidad de Llucud, ya que mediante el incremento de sus ingresos económicos y mejorarán su calidad de vida, pertenecientes al cantón Chambo, Parroquia Chambo, Comunidad de Llucud.

3.2.2 *Los Beneficiarios Indirectos.*

Se beneficiarán de forma indirecta los comerciantes, transportistas y consumidores de los productos lácteos elaborados.

3.3 Tipo de estudio

El proyecto refleja los resultados de la experimentación a nivel laboratorio con su respectivo, el análisis de los datos obtenidos de la misma basado en las exigencias presentadas por la Asociación de Trabajadores Agrícolas de la Comunidad de Llucud cuyo, con el fin fue de diseñar una planta de producción de derivados lácteos económicamente viable. Por el argumento dicho, se determina que el proyecto de diseño de una planta de producción de leche pasteurizada y queso fresco está basado en un estudio técnico.

3.3.1. *Métodos y técnicas*

3.3.2.1. *Métodos*

Este proyecto está basado en 2 métodos: inductivo y experimental.

Método Inductivo: por medio de este método se obtienen resultados basados en evidencia realizada directamente por el investigador. Mediante la elaboración de queso fresco y leche pasteurizada en el Laboratorio de Lácteos, ubicado en Tunshi se establecen los parámetros adecuados para la elaboración de estos productos en la futura planta.

Método Experimental: se realizaron análisis físico-químicos y microbiológicos a la materia prima (leche cruda) y a los productos terminados (queso fresco y leche pasteurizada).

3.4 Experimentación

3.4.1 Muestreo

El tamaño de la muestra según la NTE INEN 004 es de una unidad por lote, donde se incluye un número de identificación de fecha y hora de muestreo.

El Plan de muestreo se basa en el “Instructivo para la toma de muestra de Leche Cruda” de Agrocalidad. Se recolectaron tres muestras de leche en envases de polipropileno debidamente esterilizados con capacidad de 100 ml, mismas que fueron extraídas del tanque de enfriamiento, ubicado en la Comunidad de Llucud a las 9am, a una temperatura de 4°C. Una muestra fue enviada al laboratorio “SACMIQ” y las dos muestras de leche fueron llevadas al “Laboratorio Experimental de Productos lácteos” ubicado en Tunshi.

3.4.2 Caracterización de materia prima

Para la elaboración de los productos lácteos es obligatorio utilizar materia prima libre de contaminación, la calidad de la leche reúne varios atributos, tales como: calidad composicional, calidad fisicoquímica, calidad sanitaria, calidad sensorial, entre otras.

Tabla 3-2: Equipos, materiales y reactivos para análisis de leche cruda

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Baño de agua • Lactodensímetro • Butirómetro Gerber para leche con escala de 0 a 7% • Centrífuga 	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta 250 ml • Termómetro • Tubos de ensayo • Pipetas graduadas de 5ml • Gradilla • Recipiente. • Bureta • Equipo de titulación • Pipeta graduada de 10 ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de alcohol etílico de 75%v • Hidróxido de Sodio (0.1 N) • Fenolftaleína • Ácido sulfúrico • Alcohol isoamílico

	<ul style="list-style-type: none">• Pipeta volumétrica de 1 y 10 ml• Vaso de precipitación	
--	---	--

Fuente:(Milk et al. 1993)

Realizado por: Flores P.,2023

Tabla 3-3: Análisis Fisicoquímicos de leche cruda

PARÁMETRO	Método de ensayo	Procedimiento
<p>Densidad relativa</p>	<p>NTE INEN 11</p> <p>Definición Determina la densidad de la leche en relación a la densidad del agua a una misma temperatura, mediante el uso de un lactodensímetro.</p>	<p>Método de lactodensímetro.</p> <p>De la muestra: Calentar hasta una temperatura de 20°C, agitándola de tal forma que no se separe la grasa, en caso de que se formen grumos de grasa, elevar la temperatura hasta 35°C y enfriar a una temperatura de 18°C.</p> <p>Del procedimiento: Introducir la muestra en la probeta, manteniéndola inclinada para no formar espuma.</p> <p>Llevar la muestra al baño de agua maría a temperatura de 25°C, la altura del agua debe estar por debajo de 3 cm del borde de la probeta.</p> <p>Estabilizar la temperatura del termómetro hasta una temperatura que varíe ± 5°C, registrar esta temperatura de estabilización como “t”</p> <p>Colocar el lactodensímetro en la probeta evitando que choque con las paredes, permitiendo que flote.</p> <p>La lectura de la densidad aparente se realiza ubicando la vista al nivel de líquido y con el lactodensímetro sin movimiento, se observa la escala que va de arriba hacia abajo.</p> <p>Corrección de la densidad a temperatura de 20°C</p> $\rho_{20^{\circ}C} = \rho + 0,0002(t - 20)$ <p>Donde: $\rho_{20^{\circ}C}$ = Densidad relativa a 20°C</p>

		<p>ρ= densidad aparente.</p> <p>t= temperatura registrada durante el proceso.</p>
<p>Prueba de estabilidad proteica de la leche</p>	<p>NTE INEN 1500</p> <p>Definición: determina la capacidad que tiene la leche de no producir la coagulación de su proteína “caseína” en presencia de alcohol u otro medio.</p> <p>Interpretación: Leche acidificada en forma de coágulos: puede provenir de vacas con mastitis, contener calostro o la presencia de coliformes en la muestra.</p>	<p>Procedimiento.</p> <p>Tomar 5ml de la muestra de leche con la pipeta y añadirla al tubo de ensayo.</p> <p>Colocar con la pipeta la solución de alcohol de 75%v</p> <p>Cubrir el tubo y agitarlo para observar los resultados.</p>
<p>Determinación de pH</p>	<p>Definición: Determina la cantidad de grupos H+ en la leche.</p> <p>Interpretación: la leche fresca tiene por lo general un pH entre 6,5-6,7</p>	<p>Procedimiento:</p> <p>Es una de las pruebas más rápidas que se realiza a la leche, se utiliza un pHmetro</p>

<p>Acidez titulable en la leche</p>	<p>NTE INEN 13</p>	<p>Tomar una muestra de leche agitándola previamente, misma que debe estar completamente homogénea, en el caso de que exista la formación de grumos se debe calentar a baño María a 35-40°C y enfriarlos a 18°C, caso contrario no se lograrán resultados confiables.</p> <p>Colocar 9 ml de leche en la pipeta volumétrica.</p> <p>Agregar al producto 3 gotas de fenolftaleína y agitar.</p>
<p>Materia grasa</p>	<p>NTE INEN 12</p>	<p>Procedimiento</p> <p>Método de Gerber</p> <p>Preparación de muestra: debe calentarse hasta los 20°C, agitar suavemente evitando que se separe la grasa. Invertir la muestra 3 o 4 veces.</p> <p>Colocar el butirómetro en un soporte.</p> <p>Pipetear 10,9 ml de ácido sulfúrico con la pipeta, evitando que roce el cuello.</p> <p>Añadir la leche en el butirómetro con la pipeta de 10 ml, de manera lenta.</p>

Fuente:(MILLER, G., et.al, 2007)

Realizado por: Flores P.,2023

3.4. Experimentación

El laboratorio de lácteos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo posee equipos para la pasteurización de tipo rápida o UHT y para pasteurización de tipo lenta. En este caso se optó por el segundo tipo de pasteurizado a baja temperatura en una marmita con capacidad de 500 litros, siendo el volumen de materia prima (110 litros de leche cruda) para la elaboración de leche pasteurizada y el volumen (100 litros de leche cruda) para la elaboración de queso fresco. Se optó por este tipo de pasteurización debido al volumen pequeño de leche cruda a pasteurizar.

3.4.1. Descripción del procedimiento a nivel de laboratorio.

3.4.1.1. Proceso de elaboración de leche pasteurizada.

El proceso experimental se basó en la normativa de leche pasteurizada NORMA INEN 010 (Anexo B) donde se establecen temperaturas óptimas para la pasteurización. Durante todo el proceso la manipulación debe estar conforme a la legislación de Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM), vigente en el país y al Reglamento de leches y productos Lácteos del Ministerio de Salud.

Tabla 3-4: Equipos, materiales e insumos utilizados para la producción de leche pasteurizada a nivel de laboratorio

EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
<ul style="list-style-type: none">• Pasteurizador• Fuente de energía (caldero)	<ul style="list-style-type: none">• Agitador.	<ul style="list-style-type: none">• Leche

Fuente: Laboratorio Tunshi, 2023

Realizado por: Flores P.,2023

Recepción: Se garantizó que la leche esté en las condiciones necesarias para su procesamiento, mediante pruebas de control de calidad se consideró si es aceptable o no aceptable como materia prima. Los exámenes de rutina son generalmente rápidos y poco precisos.

En esta etapa se realizaron las siguientes operaciones:

- Verificación y registro de la cantidad de leche receptada, utilizando recipientes graduados o a su vez pesarlo en básculas.
- Toma de muestras de leche para la medición de densidad, acidez y grasa.
- Almacenamiento a 4 °C o recepción directa para la filtración.



Ilustración 3-2: Recepción de materia prima

Fuente: Flores, P.2023

Acondicionamiento de leche: Se realizó la eliminación de impurezas mediante el uso de filtros de tela sintética (lienzo), fue necesario cubrir la leche inmediatamente luego de captar la leche.



Ilustración 3-3: Acondicionamiento de la leche

Fuente: Flores, P.2023

Pasteurización: En este caso al tratarse de un volumen pequeño de leche se realizó un proceso de pasteurización lenta a 63°C por el lapso de 30 minutos. El proceso se realizó en un pasteurizador doble fondo, se llena la chaqueta con agua y se colocó la leche en el equipo previamente limpio, evitando derrames, el nivel debe alcanzar hasta un máximo de 2 cm de capacidad y ajustando a la

temperatura deseada, agitando suavemente la leche hasta que alcanzó la temperatura deseada, se cierra el suministro de vapor o gas y posteriormente se dejó reposar por 25 minutos

Pasados los 25 minutos de reposo, se retiró el agua caliente del pasteurizador y se llenó con agua fría o helada. Se agitó constantemente hasta que la temperatura baje a 50-55°C.

Envasado: El envasado se realizó en fundas, utilizando la maquinaria disponible en el laboratorio.



Ilustración 3-4: Enfundado

Fuente: Flores, P.2023

3.4.1.2. Queso fresco

El proceso experimental se basó en la Norma General para quesos Frescos no madurados NTE INEN 1528:2012 y en la Ficha Técnica de Procesados Lácteos de la FAO.

Tabla 3-5: Equipos, materiales e insumos utilizados para la producción de queso fresco a nivel de laboratorio

EQUIPOS	MATERIALES	MATERIA PRIMA E INSUMOS
<ul style="list-style-type: none"> Tina quesera 	<ul style="list-style-type: none"> Liras de corte Cuchillos Termómetro Balanza Moldes Mallas Filtro de tela Agitador 	<ul style="list-style-type: none"> Leche cruda. Cuajo líquido o en pastilla Cloruro de calcio Sal

--	--	--

Fuente: Laboratorio Tunshi, 2023

Realizado por: Flores P.,2023

Pasteurización: Se realizó el proceso de pasteurización mencionado anteriormente, dejando la leche hasta a una temperatura de 63°C por 30 minutos.



Ilustración 3-5: Enfundado de Leche

Fuente: Flores, P.2023

Calentamiento: La leche llegó a la tina para queso a la temperatura de 25°C, se elevó esta temperatura a 32° C, haciendo circular vapor.



Ilustración 3-6: Calentamiento

Fuente: Flores, P.2023

Adición de Cloruro de Calcio: Se adicionaron de 10 a 20 gramos de Cloruro de Calcio a 32 °C, para restaurar la cantidad de Calcio que se pierde en el proceso de pasteurización, posteriormente se procedió al proceso de agitado constante con una pala de madera.

Adición de Cuajo – Coagulación: Se adicionó la cantidad dependiendo del tipo de cuajo, a 35°C, agitando constantemente, se dejó reposar de 30 a 35 minutos. El cuajo que se agregó recomendaba agregar entre 6 y 10 ml por cada 100 L, en agua potable, hervida y enfriada de 2 a 4 veces su volumen, agitando por 3 minutos para una buena distribución en la leche, experimentalmente se agregó el Cuajo Líquido “Marschall”



Ilustración 3-7 Adición de cuajo

Fuente: Flores, P.2023

Corte de cuajada: Se realizó el corte usando liras de acero inoxidable en cubos de 1cm, realizando cortes horizontal, vertical y transversal.



Ilustración 3-8: Cortado

Fuente: Flores, P.2023

Desuerado: Las características finales de los granos de cuajada fueron homogéneos en tamaño, consistencia y forma, al terminar con la agitación los granos más pequeños se colocaron en la superficie.



Ilustración 3-9: Desuerado

Fuente: Flores, P.2023

Salado: La Sal fue añadida con el objetivo de brindarle una cualidad de sabor al queso además de retardar más el desarrollo microbiano. Se agregó 1.25 kilogramos por cada 100 L de leche se agitó y se dejó reposar por 8 minutos, se agitó a los 4 minutos.

Reposo: Se dejó reposar por 5 a 10 minutos con el objetivo de que la sal se impregne en todo el producto.



Ilustración 3-10: Reposo

Fuente: Flores, P.2023

Moldeado: Posteriormente se colocó la cuajada en los moldes por 30 minutos, transcurrido este tiempo se realizó el volteo, colocando mallas alrededor de las masas.



Ilustración 3-11: Moldeado

Fuente: Flores, P.2023

Prensado: El prensado de los quesos fue de 24 horas.



Ilustración 3-12: Prensado

Fuente: Flores, P.2023

3.5 Especificaciones de tipo técnico.

3.5.1. Variables del proceso de elaboración del queso y leche pasteurizada

En el proceso de la elaboración del queso se identifica las siguientes variables y parámetros, detalladas en la **Tabla 3-6**.

Tabla 3-6: Variables y parámetros del queso

Variable	Tipo	Método de medición	Etapa durante el proceso	Parámetro
Temperatura	Independiente	Termómetro	Pasteurización	63 °C
Temperatura	Independiente	Termómetro	Acidificación	45 °C
			Enfriamiento	35 °C
			Salado	30 - 32 °C
Tiempo	Dependiente	Cronómetro	Pasteurización	30 min
			Enfriamiento	10 – 15 min
			Acidificación	2-3 horas
			Salado	10 min
Cantidad de fermento, cloruro de calcio, cuajo y cloruro de sodio	Dependiente	Balanza	Estandarización	Cuajo 7%
				Cloruro de sodio
				1%
				Cloruro de calcio
21 %				

Realizado por: Flores P.,2023

En el proceso de la elaboración de la leche pasteurizada, se identifica las siguientes variables y parámetros, detalladas en la **Tabla 3-7**.

Tabla 3-7: Variables y parámetros de leche pasteurizada

Variable	Tipo	Método de medición	Etapa durante el proceso	Parámetro
Temperatura	Independiente	Termómetro	Pasteurización	63 °C
			Enfriamiento	12 °C
Tiempo	Dependiente	Cronometro	Pasteurización	30 min

Realizado por: Flores P.,2023

3.5.2. Volumen de producción.

El volumen de producción de leche será de máximo 1100 de leche litros los días lunes, miércoles y viernes, donde 600-800 litros provienen de productores miembros de la asociación y el volumen restante proviene de productores de comunidades aledañas al sector. Los días martes, jueves, sábado y domingo de 800 litros de leche, ya que las comunidades aledañas destinan su producción a empresas de la Ciudad de Riobamba por medio de contrato.

El volumen de producción para leche pasteurizada será de 1100 litros los días antes mencionados y para queso fresco el volumen destinado será de 800 litros.

Tabla 3-8: Volumen de producción de leche cruda

Día	VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE LECHE CRUDA (L/día)	DESTINO
Lunes	1100	Leche pasteurizada
Martes	800	Queso fresco
Miércoles	1100	Leche pasteurizada
Jueves	800	Queso fresco
Viernes	1100	Leche pasteurizada
Sábado	800	Queso fresco
Domingo	800	Queso fresco

Fuente: Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Lluçud”

Realizado por: Flores P.,2023

La información de la **Tabla 3-8**, detalla la capacidad de producción de la planta es de 1100 litro/día, procesando leche entre 100 a 138 L/hora por día, por ello se estima una producción máxima de 150 L/hora.

3.5.3 Balances de masa

Mediante el balance de masa se determina la cantidad de materia prima (leche cruda) que ingresa al proceso y la cantidad de producto terminado (queso y leche pasteurizada) que sale, con el fin

de identificar las pérdidas o ganancias de materia durante el proceso y posteriormente el dimensionamiento adecuado de equipos.

3.5.3.1. Balance de masa para la elaboración de leche pasteurizada.

Experimentalmente se trabajó con un volumen de 50 litros de leche cruda, en cada etapa de producción de leche pasteurizada se midió su volumen para determinar las pérdidas de materia, hasta llegar a su producto final. El volumen real con el cual se va a producir leche pasteurizada en la planta es de 1100 litros/día.

Tabla 3-9: Datos para el balance de masa de leche pasteurizada

Volumen experimental (L)	Volumen real (L)	Densidad de la leche (kg/L)
50	1100	1,0295

Realizado por: Flores P.,2023

- **Cálculo de la masa de materia prima (recepción)**

Para el cálculo de las masas, se utilizaron las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\rho_{\text{leche}} = \frac{m_{\text{leche}}}{v} \quad (\text{Ec. 3-1})$$

$$m_{\text{leche}} = \rho_{\text{leche}} \cdot v$$

$$m_{\text{leche}} = 1,0295 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * 150 \text{ L}$$

$$m_{\text{leche}} = 154,43 \text{ kg}$$

Donde:

ρ_{leche} = densidad de leche

v = volumen de leche

m_{leche} = masa de leche

- **Cálculo masa de leche filtrada**

Por la presencia de pelos, paja, insectos, polvo entre otros residuos el volumen de la leche reduce, sin embargo, este cambio de volumen no es significativo, en el laboratorio se midió un volumen de pérdida de 0,03%, obteniéndose un rendimiento de 99,97% para la etapa de filtración.

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{L_f}{L_c} \quad (\text{Ec. 3-2})$$

Donde:

L_f = leche filtrada (kg)

L_c = leche cruda (kg)

R = residuo (kg)

$$99,97\% = \frac{L_f}{154,4\text{kg}} * 100$$

$$L_f = 154,38 \text{ kg}$$

$$R = L_c - L_f$$

$$R = (154.42 - 154.38) \text{ kg}$$

$$R = 0,05 \text{ kg de residuo en la malla}$$

- **Cálculo de la masa de leche pasteurizada**

Las pérdidas en las en las paredes de la marmita y por medio de la evaporación fueron de 0,015%. Para el cálculo de las masas, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{L_p}{L_f} * 100$$

Dónde:

L_p= leche pasteurizada

L_f= leche filtrada

$$L_p = L_f \left(\frac{\text{Rendimiento}}{100} \right)$$

$$L_p = 154,38 \left(\frac{99,985}{100} \right)$$

$$L_p = \mathbf{154,35 \text{ kg}}$$

$$R = L_f - L_p$$

$$R = 0,03 \text{ kg}$$

- **Cálculo de la masa de leche envasada**

Las pérdidas en esta etapa fueron de 0,0175%. Para el cálculo de las masas, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{L_e}{L_p} * 100$$

Dónde:

L_p= leche pasteurizada

L_e= leche envasada

$$L_e = L_p \left(\frac{\text{Rendimiento}}{100} \right)$$

$$L_e = 154,35 \left(\frac{99,982}{100} \right)$$

$$Le = 154,32 \text{ Kg}$$

$$R = Lp - Le$$

$$R = 0,03 \text{ kg}$$

3.5.3.2. Balance de masa para el proceso de elaboración de queso.

El balance de masa se realizará tomando como base 800 litros de leche cruda, además de otros datos detallados en la **Tabla 3-10**:

Tabla 3-10: Datos para el balance de masa en el proceso de elaboración de queso

Componente	Volumen experimental	Volumen real	Densidad (kg/L)
Leche	110 L	150 L	1,0295
Cuajo	12gr	0,0164 kg	
Cloruro de calcio	10 ml	0,0293 kg	

Realizado por: Flores P.,2023

- **Cálculo de la masa de materia prima (Recepción)**

Para el cálculo de las masas, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\rho_{\text{leche}} = \frac{m_{\text{leche}}}{v}$$

$$m_{\text{leche}} = \rho_{\text{leche}} \cdot v$$

$$m_{\text{leche}} = 1,0295 \frac{\text{kg}}{\text{L}} * 150\text{L}$$

$$m_{\text{leche}} = 154,43 \text{ kg}$$

Donde:

ρ_{leche} = densidad de leche

v = volumen de leche

m_{leche} = masa de leche

- **Balance de masa en la etapa de filtración**

Por la presencia de pelos, paja, insectos, polvo entre otros residuos el volumen de la leche reduce, sin embargo, este cambio de volumen no es significativo, en el laboratorio se midió un volumen de pérdida de 0,05%. Teniendo un rendimiento de 99,95% para la etapa de filtración. Para el cálculo de las masas, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento \%} = \frac{L_f}{L_c}$$

Donde:

L_f = leche filtrada (kg)

L_c = leche cruda (kg)

R = residuo (kg)

$$99,95\% = \frac{L_f}{154,43 \text{ Kg}} * 100$$

$$L_f = 154,38 \text{ kg}$$

$$R = L_c - L_f$$

$$R = 0,05 \text{ kg}$$

- **Balance de masa en la etapa de pasteurización.**

Las pérdidas en las en las paredes de la marmita y por medio de la evaporación fueron de 0,05%. Para del rendimiento, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{L_p}{L_f} * 100$$

Dónde:

L_p= leche pasteurizada

L_f= leche filtrada

$$L_p = L_f \left(\frac{\text{Rendimiento}}{100} \right)$$

$$L_p = 154,38 \text{ kg} \left(\frac{99,95}{100} \right)$$

$$L_p = \mathbf{154,27 \text{ Kg}}$$

$$R = L_f - L_p$$

$$R = 0,11 \text{ kg}$$

- **Balance de materia en la etapa de agitación**

Experimentalmente se añadieron 12gramos de cloruro de Calcio y 10 ml de cuajo en 110L de leche. De acuerdo a esta relación se determina la adición **de 0,08718 kg de cloruro de calcio** y **0,07265 kg de cuajo** en 822,75 kg de leche pasteurizada.

$$\sum_E = \text{CaCl}_2 + Q + L_p$$

$$\sum_E = M_c + S$$

Donde:

\sum_E =sumatoria de entradas a la marmita (kg)

Q= cuajo (kg)

L_p= leche pasteurizada (kg)

M_c= Masa cuajada (kg)

S= suero (kg)

$$\sum_E = 0,0293\text{kg} + 0,0164\text{kg} + 154,27 \text{ kg}$$

$\sum_E = 154,31 \text{ kg}$ de masa de alimentación.

$$154,31 = Mc + S$$

- **Cálculo de la cantidad de suero**

Mediante bibliografía la cantidad esperada de cuajada es del 25% del total de entrada y el resto corresponde al porcentaje de suero. Siendo éste un valor ideal, partiendo de esto se asume que el rendimiento de producción de cuajada es de 25% por lo tanto la cantidad de suero se calcula de con base a las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{Mc}{\sum e} * 100$$

$$Mc = \frac{25}{100} (822,94\text{kg})$$

$$Mc = 38,61 \text{ kg}$$

$$\sum e = Mc + S$$

$$S = \sum e - Mc$$

Donde:

$\sum e$ = masa de alimentación en la marmita

Mc= masa de la cuajada

S = Suero

$$S = 154,31 - 38,61 \text{ kg}$$

$$S = 115,70 \text{ kg}$$

- **Cálculo de masa en la etapa de salado.**

Experimentalmente se añadió 1,25 kg de sal en 110L de leche, por lo cual se determina en base a 1,70 kg de sal en por cada 150 L de leche.

$$M_c + C_{Na} = Q_s$$

Donde:

M_c = masa de cuajada

Q_s = queso salado

$$38,61 \text{ kg} + 1,70 \text{ kg} = Q_s$$

$$Q_s = 40,31 \text{ kg}$$

- **Cálculo de masa de queso fresco (etapa de prensado)**

El peso del queso se ve reducido en un 5% en el proceso de prensado debido a la eliminación del suero láctico presente. Para el cálculo de las masas, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\text{Rendimiento}\% = \frac{Q_f}{Q_s} * 100$$

$$Q_s = Q_f + S_2$$

Donde:

Q_f = Queso fresco.

Q_s = Queso salado

S_2 = Suero resultante de la etapa de prensado

$$95\% = \frac{Q_f}{40,31 \text{ kg}} * 100$$

$$Q_f = 40,31 * \frac{95}{100}$$

$$Q_f = 38,38 \text{ kg}$$

$$40,31 \text{ kg} = 38,38 \text{ kg} + S_2$$

$$S_2 = 1,93 \text{ kg}$$

En la Ilustración 3-13, se identifica el proceso de transformación de la leche en queso, con los balances correspondientes.

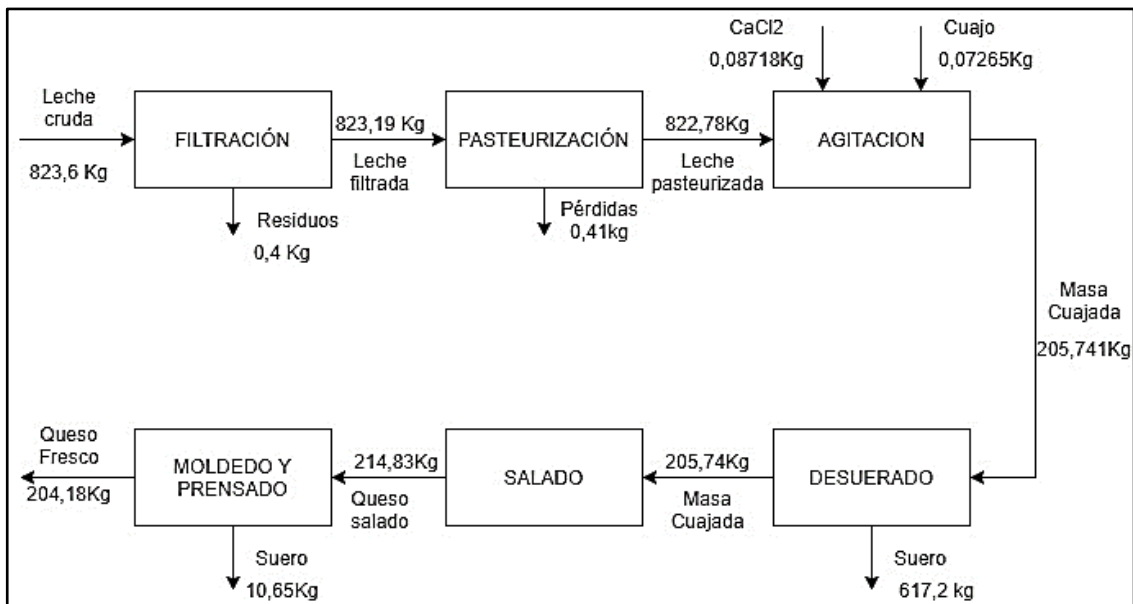


Ilustración 3-13: Diagrama de Balance de masa del queso fresco

Fuente: Flores, P.2023

3.5.4 Balance de energía para el proceso de leche pasteurizada.

Para el balance de energía, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}}$$

$$\text{Entrada} = \Delta E_{\text{sistema}} - E_{\text{salida}}$$

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta U_{\text{sistema}}$$

$$\Delta U_{\text{sistema}} = \Delta U_{\text{leche}} + \Delta U_{\text{tanqueint.}} + \Delta U_{\text{vapor}} + \Delta U_{\text{chaqueta}} + \Delta U_{\text{tapa}}$$

$$\Delta E_{\text{sistema}} = (mC_p\Delta T)_{\text{agua}} + (mC_p\Delta T)_{\text{tanqueinterno}} + (mC_p\Delta T)_{\text{vapor}} + (mC_p\Delta T)_{\text{chaqueta}} + (mC_p\Delta T)_{\text{tapa}}$$

- **Pérdida de calor**

Para el balance de energía y calor, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$E_{\text{sale}} = E_{\text{convección}} + E_{\text{radiación}}$$

$$Q_{\text{sale}} = Q_{\text{convección}} + Q_{\text{radiación}}$$

$$Q_{\text{sale}} = (h * A * \Delta T) + \varepsilon * \theta * \Delta T^4$$

- **Masa de la leche**

Acorde a la información, obtenida en Yunus y Afshin (2011), se calcula masa de acero inoxidable, de la siguiente forma:

$$0,150 \text{ m}^3 * 1029,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 154,43 \text{ kg}$$

- **Masa de acero inoxidable**

Acorde a la información, obtenida en Yunus y Afshin (2011), se calcula masa de acero inoxidable, de la siguiente forma:

$$V_{\text{cilindro}} = 22,85 * 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\rho_{acero} = 7939 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 181,44 \text{ kg}$$

- **Cálculo del volumen de la cámara de vapor**

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula el volumen de la cámara de vapor.

$$V = \pi(\text{radint})^2 * h_{\text{interna}} - \pi(\text{espesor})^2 * h_{\text{externa}}$$

Donde:

$$V = (\pi(0,325\text{m})^2 * 1\text{m}) - (\pi(0,003)^2 * 1 \text{ m})$$

$$V = 0,332 \text{ m}^3$$

- **Masa de la tapa de acero inoxidable**

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula la masa de la tapa, de la siguiente forma:

$$V_{\text{cilindro}} = 0,01\text{m}^3$$

$$m = 0,01\text{m}^3 * 7930 \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 79,3 \text{ kg}$$

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula la masa de la tapa, de la siguiente forma:

$$V = \pi(\text{espesor})^2 * h$$

$$V = \pi(3 * 10^{-3})^2 * 1m$$

$$V = 2,83 * 10^{-5}m^3$$

$$m = 7939 \frac{kg}{m^3} (2,83 * 10^{-5}m^3)$$

$$m = 0,23 kg$$

- **Balance de energía en el sistema**

Para el balance de energía, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\Delta E_{sistema} = (mC_p\Delta T)_{leche} + (mC_p\Delta T)_{tanqueinterno} + (mC_p\Delta T)_{vapor} + (mC_p\Delta T)_{chaqueta} + (mC_p\Delta T)_{tapa}$$

$$\Delta E_{sistema} = (150,34 kg * 3,9 \frac{kJ}{kgK}) + (71,30kg * 0,477 \frac{kJ}{kgK}) + (0,03658kg * 4,3125 \frac{kJ}{kgK}) + (79,39kg * 0,477 \frac{kJ}{kgK}) + (0,21kg * 0,477 \frac{kJ}{kgK})$$

$$\Delta E_{sistema} = 658,46 \frac{kJ}{K} * \Delta T_{global leche}$$

$$\Delta E_{sistema} = 6,58 \frac{kJ}{K} * [(65 + 273) - (15 + 273)]K$$

$$\Delta E_{sistema} = 329 KJ$$

Para el balance de energía, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

Tiempo de pasteurización: 600 seg

Flujo de calor

$$\Delta E_{sistema} = \frac{329 KJ}{600seg}$$

$$\Delta E_{\text{sistema}} = 0,59 \text{ kW}$$

Transferencia de calor por convección

Para la transferencia de calor por convección, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

Temperatura de la pared

$$T = \frac{1}{2} \Delta T$$

$$T = \frac{1}{2} (50^\circ\text{C})$$

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

Propiedades del aire a 25°C , que se encuentra en la pared.

$$k = 0,0255 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

$$\text{Pr} = 0,7296$$

$$\nu = 2,141 * 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$V = 1,562 * 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

Coefficiente de expansión volumétrica.

$$\beta = \frac{1}{T}$$

$$\beta = \frac{1}{(25 + 273)}$$

$$\beta = \frac{1}{298}$$

$$\beta = \frac{3,3 * 10^{-3}}{K}$$

Numero de Rayleigh

$$\#Ra = \frac{g * \beta(\Delta T) * Lc^3}{\mu^2} * \#Pr$$

Donde:

g= gravedad

β =coeficiente de expansión 1,91m

ΔT = diferencia de temperatura

Lc= longitud de cilindro

μ = viscosidad

$$\#Ra = \frac{\frac{9,8m}{s^2} * \frac{3,3 * 10^{-3}}{K} * (298K) * 0,957^3}{1,562 * 10^{-5} \frac{m^2}{s}} * 0,7296$$

$$\#Ra = 4,56 * 10^5$$

Condición en pared vertical

$$D \geq \frac{35Lc}{Gr^{\frac{1}{4}}}$$

$$1,91m \geq \frac{35(0,957)}{\left(\frac{4,56 * 10^5}{0,7296}\right)^{\frac{1}{4}}}$$

$$1,91m \geq 1,19m$$

- **Número de Nusselt promedio para pared plana**

Se calcula el número de Nusselt, para obtener el coeficiente de convección, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\#Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 * Ra^{\frac{1}{6}}}{\left[1 * \left(\frac{0,492}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2$$

$$\#Nu = \left[0,825 + \frac{0,387 * (4,56 * 10^6)^{\frac{1}{6}}}{\left[1 * \left(\frac{0,492}{0,7296} \right)^{\frac{9}{16}} \right]^{\frac{8}{27}}} \right]^2$$

$$\#Nu = 25,12$$

Transferencia de calor

$$h = \frac{k}{L} * Nu$$

$$h = \frac{0,0255 \frac{W}{m^2K}}{0,957} * 25,12$$

$$h = 0,71 \frac{W}{m^2K}$$

Área de transferencia.

$$A = 2\pi rh$$

$$A = 2\pi(0,325m)(1m)$$

$$A = 1,021 m^2$$

Calor por convección

$$Q = h * A * \Delta T$$

$$Q = 0,71 \frac{W}{m^2K} * 1,021 m^2 * [(65 + 273) - (15 + 273)]K$$

$$Q = 34,2 W$$

Calor por radiación.

$$Q = \varepsilon * A * \theta * \Delta T^4$$

Donde:

ε : emisividad del material (Acero Inoxidable A304)

θ : Constante de Boltzman.

$$Q = 0,17 * 1,021 \text{ m}^2 * 5,67 * 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4} * [(65 + 273)^4 - (15 + 273)^4] \text{K}^4$$

$$Q = 77,75 \text{ W}$$

- **Calor Total**

Para la cantidad de calor total, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{convección}} + Q_{\text{radiación}}$$

$$Q_{\text{total}} = 34,2 \text{ W} + 77,75 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total}} = 111,95 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total}} = 111,95 \frac{\text{J}}{\text{s}} * 600\text{s}$$

$$Q_{\text{total}} = 20,6 \text{ KJ}$$

$$E_{\text{entrada}} = \Delta E_{\text{sistema}} - \Delta E_{\text{sale}}$$

$$E_{\text{entrada}} = 329 \text{ KJ} - 20,6 \text{ KJ}$$

$$E_{\text{entrada}} = 308,4 \text{ KJ}$$

3.5.5 Balance de energía en la marmita (quesera)

El intercambio de energía se produce por las diferencias de temperaturas, por lo tanto, existe transferencia de calor, lo cual ocurre en la etapa de pasteurización. La marmita (pasteurizadora)

está diseñada a partir del volumen, cálculos que se encuentran en la sección 3.5.3., donde se obtuvieron los resultados necesarios para el balance de energía.

Tabla 3-11: Datos para balance de energía para la elaboración del queso

ETAPA		Temperatura (°C)	TIEMPO
Alimentación (leche cruda)		12	
Pasteurización (leche)	Calentamiento	63	30 min
	Enfriamiento	35	
Adición de CaCl ₂		32	10 min
Adición de cuajo		35	30 min

Realizado por: Flores P.,2023

Tabla 3-12: Datos adicionales para el balance de energía en la elaboración de queso

Parámetro	Material	Valor
Altura	Pasteurizadora	1 m
Diámetro	Pasteurizadora	0,65 m
Coefficiente de transferencia de calor (Dato obtenido del Anexo C)	Acero 304	15,6 W/m ²

Realizado por: Flores P.,2023

- **Cálculo de área de transferencia de calor**

Para este cálculo, se utilizaron las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$A = 2\pi rh$$

Donde:

A= área de transferencia de calor en la quesera

r= radio del pasteurizador

h=altura del pasteurizador. (Valor obtenido en el literal)

$$A = 2\pi(0,325 \text{ m})(1 \text{ m})$$

$$A = 2,04 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de pérdidas en las paredes de la marmita**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_M = K_{\text{acero}}(A)(\Delta T)$$

$$Q_M = K_{\text{acero}}(A)(T_P - T_A)$$

Donde:

Q_M = Calor perdido en las paredes de la marmita

K_{acero} = coeficiente de transferencia de calor (acero 304)

ΔT = Diferencia de temperatura

T_P = Temperatura de pasteurización

T_A = Temperatura de alimentación

$$Q_M = 15,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}} (2,04\text{m}^2)(63\text{°C} - 12\text{°C})$$

$$Q_M = 3,25 \text{ KW}$$

- **Cálculo de la capacidad calorífica de la leche cruda**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$C_{p\text{leche}} = 41,8 * W_A + (13,71 + 0,112(T_P))T_s$$

Donde:

$C_{p_{leche}}$ = Capacidad calorífica de la leche cruda

W_A = contenido de agua (%)

T_p = Temperatura de pasteurización

T_s = Sólidos no grasos (valor obtenido en la **Tabla 8-3**: Resultados de análisis físico químicos y microbiológicos de la leche cruda)

$$C_{p_{leche}} = 41,8 * 88,60\% + (13,71 + 0,112(63^\circ\text{C}))8,75$$

$$C_{p_{leche}} = 3885,18 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$$

- **Cálculo del calor ganado por la leche cruda**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_L = \frac{m_L}{t} * C_{p_{leche\ cruda}} * (T_p - T_A)$$

Donde:

Q_L = calor ganado por la leche cruda.

m_L = masa de leche cruda que ingresa.

t = tiempo de pasteurización

T_p = temperatura de pasteurización.

T_A = temperatura de alimentación.

$$Q_L = \frac{154,32\text{kg}}{\text{h}} * 3885,18 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (63^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C}) \cdot \frac{1\text{h}}{3600\text{ s}}$$

$$Q_L = 8,49 \text{ KW}$$

- **Requerimiento de agua y vapor**

Para el balance de energía se establece las condiciones mostradas en la figura 3-18, acorde a la operación de la marmita en una condición máxima.

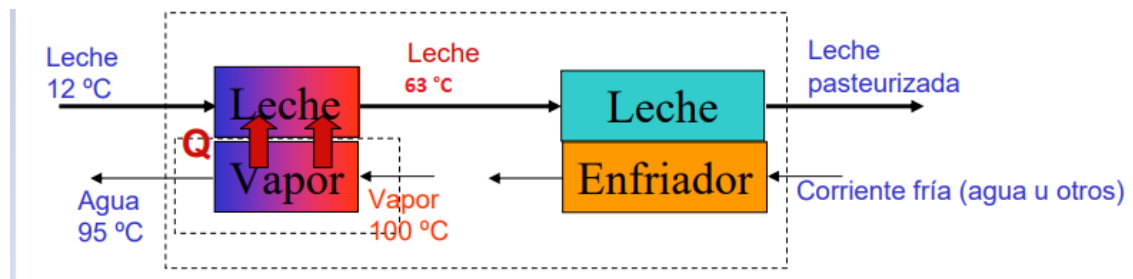


Ilustración 3-14: Operación de la Marmita para pasteurización de leche

Fuente: Flores, P.2023

El balance de energía, se utilizan las ecuaciones identificadas en Cengel y Yunus (2011 pág. 375), de la siguiente forma:

$$Q_s = \dot{m}_i h_{\text{vapor}} - \dot{m}_s h_{\text{agua}}$$

$$\dot{m}_i = \dot{m}_s = \dot{m}$$

$$Q_s = \dot{m}(h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})$$

$$(h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}}) = h_{\text{vapor}@100\text{ °C}} + C_p \text{ agua}(T' - T_2)$$

$$(h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}}) = 2676 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} + 4,18 \frac{\text{KJ}}{\text{kg °C}} (100 - 95)$$

$$(h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}}) = 2696.9 \text{ KJ/kg}$$

$$Q_s = \dot{m}(h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})$$

$$(8.49 + 3.25)\text{kJ/h} = \dot{m} 2696.7 \text{ KJ/kg}$$

$$\dot{m} = 0,26 \text{ kg/min} = \dot{m}_s$$

- **Cálculo del calor suministrado por la caldera**

$$Q_L = Q_C + Q_M$$

$$Q_C = Q_L - Q_M$$

Donde:

Q_C =calor suministrado por la caldera.

Q_M = calor perdido en las paredes de la marmita.

$$Q_C = 8,49 \text{ KW} - 3,25 \text{ KW}$$

$$Q_C = 5,24 \text{ KW}$$

- **Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor en la pasteurización**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_L = U * A * \Delta T$$

$$U = \frac{Q_L}{A \Delta T}$$

$$U = \frac{Q_L}{A(T_p - T_m)}$$

Donde:

U = Coeficiente global de transferencia de calor.

ΔT =Diferencia de temperatura

A = Área de transferencia de calor del pasteurizador

T_p = Temperatura de pasteurización

T_m = Temperatura.

$$U = \frac{5,24 \text{ KW}}{4,08 \text{ m}^2(63^\circ\text{C} - 12^\circ\text{C})}$$

$$U = 25,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}}$$

- **Cálculo del calor perdido en las paredes de la marmita**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_M = k_{\text{acero}}(A)(\Delta T)$$

Donde:

Q_M = calor perdido en las paredes de la marmita.

k_{acero} = coeficiente de transferencia del acero

T_C = Temperatura a la cual se añade el cuajo.

T_p = Temperatura de pasteurización.

$$Q_M = 15,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2^\circ\text{C}} (4,08 \text{ m}^2)(35^\circ\text{C} - 63^\circ\text{C})$$

$$Q_M = -1782,1 \text{ W}$$

$$Q_M = -1,78 \text{ KW}$$

- **Cálculo de la capacidad calorífica de la leche pasteurizada.**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$C_{\text{Pleche pasteurizada}} = 41,8 (W_a) + (13,71 + 0,112 (T_c))T_s$$

Donde:

$C_{\text{Pleche pasteurizada}}$ = capacidad calorífica de la leche pasteurizada

W_a = contenido de agua (Valor obtenido de la Tabla 8-3: Resultados de análisis físico químicos y microbiológicos de la leche cruda)

T_s = Sólidos no grasos

T_c = Temperatura al añadir el cuajo.

$$C_{\text{Pleche pasteurizada}} = 41,8 (88,6\%) + (13,71 + 0,112 (35^\circ\text{C}))8,68\%$$

$$C_{\text{Pleche pasteurizada}} = 3857,74 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$$

- **Cálculo del calor perdido por la leche pasteurizada**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_{\text{perdido leche pasteurizada}} = \frac{m_{LP}}{t} (C_{\text{pleche pasteurizada}})(T_c - T_p)$$

Donde:

$Q_{\text{perdido leche pasteurizada}}$ = calor perdido por la leche pasteurizada.

m_{LP} = masa de la leche pasteurizada

t = tiempo de pasteurización

$C_{\text{pleche pasteurizada}}$ = capacidad de la leche pasteurizada.

T_c = temperatura a la que se añade el cuajo.

T_p = temperatura de pasteurización.

$$Q_{\text{perdido leche pasteurizada}} = \frac{154,32 \text{ kg}}{h} \left(3857,34 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \right) (35^\circ\text{C} - 63^\circ\text{C}) \cdot \frac{1h}{3600}$$

$$Q_{\text{perdido leche pasteurizada}} = -4,63 \text{ KW}$$

- **Cálculo del calor ganado por el agua de enfriamiento**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$Q_{LP} = Q_{H_2O} + Q_M$$

$$Q_{H_2O} = Q_{LP} - Q_M$$

Donde:

Q_{LP} = Calor de leche pasteurizada

Q_{H_2O} = Calor ganado por el agua de enfriamiento.

Q_M = Calor perdido en las paredes de la marmita.

$$Q_{H_2O} = (-4,62 - 2,52) \text{ KW}$$

$$Q_{H_2O} = 7,14 \text{ KW}$$

3.5.6 Selección de caldera

Acorde a la información proporcionada por Fenercom (2013 pág. 125), es indispensable establecer las condiciones de operación de la caldera para la selección apropiada, por ello la información es:

- Presión de trabajo: 90 psi
- Temperatura: 100 °C
- Potencia: 1 BHP (10 KW)

Acorde a esta información, se obtiene los datos de las calderas del fabricante Chromalox, en la **Tabla 3-13**.

Tabla 3-13: Datos de operación de calderas industriales.

Model	Description	Operating Pressure (psig)	Temp. (°F)	kW	Mbh ²	Vessel Pressure Rating (psig)	Connection Type
CMB	Compact Steam Boiler	0 - 90	212 - 331	3 - 15	10 - 51	100	NPT
CES-B	Vertical Steam Boiler	0 - 90	212 - 331	6 - 180	21 - 614	100	NPT
CAS	Special Steam Boiler	0 - 90	212 - 331	16 - 20	55 - 68	100	NPT
CSSB-A	Stainless Steel Steam Boiler	0 - 90	212 - 331	6 - 180	21-614	100	NPT
CHPES-A	Medium Pressure Vertical Steam Boiler	0 - 235	212 - 401	6 - 180	21-614	250	NPT
CHS	High Capacity Horizontal Steam Boiler	0 - 135	212 - 358	150 - 1,620	512-5,527	150	NPT and Flanged
GCH ¹	Steam Superheater	0 - 150	212 - 800	1 - 350	3-1,194	150	NPT or Flanged

FUENTE: Fenercom (2013 pág. 125)

Con base, a la tabla se elige el modelo CSSB-A con una potencia de 1 BHP, fabricado en acero inoxidable, compatible con los parámetros de selección establecidos.

3.5.7 Dimensionamiento de equipos para leche pasteurizada.

- **Volumen del tanque**

Acorde a la información obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula el volumen de la marmita, de la siguiente forma:

$$V = V_M(1 + f_s)$$

Donde:

V_M = volumen necesario

f_s = factor de seguridad.

$$V = 0,15 (1 + 1,15)$$

$$V = 0,3225 \text{ m}^3$$



Ilustración 3-15: Forma de la Marmita

Realizado por: Flores, P. 2023.

- **Cálculo del diámetro**

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula las dimensiones de la marmita, de la siguiente forma:

$$h = 1,5 \varphi \text{ (datos de fabricantes)}$$

$$\varphi = \sqrt[3]{\frac{8 * V}{3\pi}}$$

$$\varphi = \sqrt[3]{\frac{2 * 0,3225\text{m}^3}{\pi}}$$

$$\varphi = 0,649 \text{ m} \approx 0,65 \text{ m}$$

- **Altura**

$$h = 1,5 * (0,65) = 0,97 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

- **Presión del fluido**

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula la variación de presión, de la siguiente forma:

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

Donde:

ΔP = presión del fluido

g = gravedad.

ρ = densidad de la leche cruda.

h = altura

$$\Delta P = 1029,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1 \text{ m}$$

$$\Delta P = 10089,1 \text{ Pa} * \frac{9,866923 * 10^{-6} \text{ atm}}{1 \text{ Pa}}$$

$$\Delta P = 0,10 \text{ atm}$$

- **Presión del diseño teórico**

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

Donde:

P_t = presión diseño teórico

P_c = Presión de carga a condición normal

P_{atm} = presión atmosférica.

$$P_t = 0,10 \text{ atm} + 0,74 \text{ atm} + 0,7214 \text{ atm}$$

$$P_t = 1,56 \text{ atm}$$

- **Presión interna de diseño**

$$P_d = P_t * 1,15$$

$$P_d = 1,79 \text{ atm}$$

Agitación o mezclado

- **Longitud del brazo**

$$L_b = \frac{5}{8}(\varphi)$$

Donde:

L_b = longitud del brazo

$$L_b = \frac{5}{8}(0,65 \text{ m})$$

$$L_b = 0,406 \text{ m}$$

- **Espesor del agitador**

$$E_a = \frac{1}{10} * L_b$$

Donde:

E_a = espesor del agitador.

$$E_a = \frac{1}{10} * 0,406 \text{ m}$$

$$E_a = 0,040 \text{ m} \approx 40 \text{ mm}$$

- **Diámetro del rodete**

$$\varphi_{\text{rodete}} = \frac{3}{4} * \varphi_{\text{tanque}}$$

Donde:

φ_{rodete} = diámetro del rodete

φ_{tanque} = diámetro del tanque pasteurizador

$$\varphi_{\text{rodete}} = \frac{3}{4} * 0,65 \text{ m}$$

$$\varphi_{\text{rodete}} = 0,49 \text{ m}$$

- **Altura necesaria para la agitación**

$$\frac{h_{\text{agitación}}}{\varphi} = 1$$

$$h_{\text{agitación}} = 1 * \varphi$$

Donde:

$h_{\text{agitación}}$ = altura necesaria para la agitación

φ = diámetro del tanque de pasteurización.

$$h_{\text{agitación}} = 0,65 \text{ m}$$

- **Altura entre el fondo y rodete, (espacio libre)**

$$h = h_{\text{agitación}} - L_b$$

$$h = 0,65 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$$

$$h = 0,25 \text{ m}$$

Chaqueta

- **Media logarítmica de la Temperatura**

Para este cálculo, se utilizan las ecuaciones identificadas en Yunus y Afshin (2011), de la siguiente forma:

$$\Delta TLMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Donde:

$\Delta TLMTD$ = media logarítmica de temperatura.

$$\Delta TLMTD = \frac{(150 - 15) - (65 - 15)}{\ln \frac{150 - 15}{65 - 15}}$$

$$\Delta TLMTD = 85,57 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- **Área de la chaqueta**

$$A = \frac{Q}{k * \Delta TLMTD}$$

$$A = \frac{328,25}{16,3 * 85,57^\circ}$$

$$A = 0,2353 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{A}{\pi r^2}$$

Donde:

A= área de la chaqueta

r = Radio de la chaqueta.

h= altura.

$$h = \frac{0,2353\text{m}^2}{\pi * 0,4785\text{m}}$$

$$h = 0,32\text{m}$$

3.5.8 Dimensionamiento de equipos para la elaboración de queso.

- **Cálculo de volumen**

Se considera un factor de seguridad del 20% para el diseño. Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula las dimensiones de la marmita, de la siguiente forma:

$$X = V(0,20) \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

X= volumen de seguridad.

V= volumen de leche.

$$X = 135 \text{ L } (0,20)$$

$$X = 27 \text{ L}$$

- **Volumen total**

$$V_D = V + X$$

Donde:

V_D = Volumen de diseño

V = Volumen de leche.

X = Volumen de seguridad

$$V_D = 135L + 27L$$

$$V_D = 162 L$$

$$V_D = 0,162 m^3$$

- **Diámetro**

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{4 * V_D}{1,75 * \pi}}$$

Donde:

ϕ = diámetro de quesera.

V_D = volumen de diseño.

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{4 * 0,162m^3}{1,75 * \pi}}$$

$$\phi = 0,49 m \approx 0,50 m$$

- **Radio**

$$r = \frac{\phi_i}{2}$$

Donde:

r = radio de marmita

ϕ_i = diámetro interno marmita.

$$r = \frac{0,50\text{m}}{2} = 0,25 \text{ m}$$

- **Altura**

$$h = \frac{V_D}{\pi(r^2)}$$

Donde:

h= altura

V_D = volumen de diseño

r=radio de quesera

$$h = \frac{0,162 \text{ m}^3}{\pi(0,25^2)}$$

$$h = 0,825 \text{ m}$$

- **Diámetro de la Chaqueta**

Según, Isique (2014), se argumenta que el espesor de la chaqueta tiene la relación de 1:10 del diámetro de la unidad del equipo.

$$e_{ch} = \frac{1}{10} * \phi_i$$

Donde:

e_{ch} = Espesor entre la chaqueta y la pared interna de la marmita.

ϕ_i = Diámetro interno de la quesera

$$e_{ch} = \frac{1}{10} * (0,5\text{m})$$

$$e_{ch} = 0,05 \text{ m}$$

El diámetro de la chaqueta viene dado por:

$$\varphi_{ch} = e_{ch}(2) + \phi_i$$

Donde:

φ_{ch} = Diámetro de la chaqueta.

e_{ch} =Espesor entre la chaqueta y la pared interna de la marmita.

ϕ_i = diámetro interno de la marmita.

$$\varphi_{ch} = 0,05m(2) + 0,5$$

$$\varphi_{ch} = 0,6 \text{ m}$$

- **Altura de la chaqueta**

Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula las dimensiones de la chaqueta, de la siguiente forma:

$$h_{ch} = e_{ch} + h$$

Donde:

h_{ch} = altura de la chaqueta

e_{ch} = espesor entre la chaqueta y la pared interna de la quesera.

h = altura de la quesera.

$$h_{ch} = 0,05m + 0,825m$$

$$h_{ch} = 0,875 \approx 0,9 \text{ m}$$

- **Volumen de la chaqueta**

$$V_{ch} = \pi(r_{ch}^2)(h_{ch})$$

Donde:

V_{ch} = volumen de la chaqueta.

r_{ch} = radio de la chaqueta.

h_{ch} = Altura de la chaqueta.

$$V_{ch} = \pi(0,3^2 m^2)(0,9 m)$$

$$V_{ch} = 0,25 m^3$$

- **Longitud del brazo (agitación)**

$$L_b = \frac{5}{8}(\varphi_i)$$

Donde:

L_b = Longitud del brazo

φ_i = diámetro interno de la marmita.

$$L_b = \frac{5}{8}(0,5 m)$$

$$L_b = 0,31 m$$

- **Espesor del rodete**

Según, Geankoplis (1998), no existe un valor determinado que relacione un espesor fijo para el rodete, variando desde 1/6 a 1/10 del largo del brazo.

$$E_r = \frac{1}{10} * L_B$$

Donde:

E_r = espesor del rodete.

L_B = longitud del agitador.

$$E_r = \frac{1}{10} * (0,5\text{m})$$

$$E_r = 0,05\text{m}$$

- **Diámetro del rodete**

$$\varphi_r = \frac{3}{4} \varphi_i$$

Donde:

φ_r = diámetro del rodete

φ_i = diámetro interno de marmita.

$$\varphi_r = \frac{3}{4} (0,5)$$

$$\varphi_r = 0,375 \text{ m}$$

- **Distancia entre el fondo de la marmita y el rodete**

$$E = 0,5\varphi_i$$

Donde:

E= Distancia entre el fondo de la marmita y el rodete.

φ_i = diámetro interno de la marmita.

$$E = 0,5(0,5)$$

$$E = 0,25 \text{ m}$$

- **Alto de la paleta**

$$A_p = \frac{1}{5} * L_B$$

Donde:

A_p = alto de la paleta

L_B = largo del brazo

$$A_p = \frac{1}{5} * 0,31 \text{ m}$$

$$A_p = 0,06 \text{ m}$$

- **Distancia entre rejillas**

Se trabaja con cuatro paletas.

$$X_p = \frac{L_b}{4}$$

Donde:

X_p = Distancia entre rejillas

L_b = largo del brazo del rodete.

$$X_p = \frac{0,31 \text{ m}}{4}$$

$$X_p = 0,08 \text{ m}$$

Cálculo para el dimensionamiento de la lira

- **Espesor de la lira**

Se asume la longitud del brazo de la lira que será de 0,80 m. Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula las dimensiones de la siguiente forma:

$$E_L = \frac{1}{10} L_{BL}$$

Donde:

E_L = espesor de la lira

L_{BL} = longitud del brazo de la lira.

$$E_L = \frac{1}{10} (0,80)$$

$$E_L = 0,08 \text{ m}$$

- **Diámetro de la lira**

Para cortar el cuajo se necesita el diámetro de la lira cubra en su totalidad el diámetro interno de la marmita, evitando que roce con las paredes, por lo que se considera pertinente 1,5 cm de separación de cada lado, es decir 3 cm de distancia entre las paredes de la lira y la marmita.

$$\varphi_L = \varphi_i - 0,03\text{m}$$

Donde:

φ_L = diámetro de la lira

φ_i = Diámetro interno de la marmita

$$\varphi_L = 0,5\text{m} - 0,03\text{m}$$

$$\varphi_L = 0,47\text{ m}$$

- **Alto de la paleta de la lira**

$$A_{PL} = \frac{1}{5} L_{bL}$$

Donde:

A_{PL} = Alto paleta de la lira

L_{bL} = longitud del brazo de la lira

$$A_{PL} = \frac{1}{5} (0,8)$$

- $A_{PL} = 0,16\text{ m}$

- **Altura total de la lira**

$$h_L = L_{bL} + A_{PL}$$

Donde:

h_L = altura total de la lira.

$$h_L = 0,8 + 0,16 \text{ m}$$

$$h_L = 0,96 \text{ m}$$

- **Distancia entre el fondo del tanque y la lira**

$$x = h - h_L$$

Donde:

x = distancia entre el fondo del tanque y la lira.

h = altura interna de la marmita 1 m

h_L = altura total de la lira.

$$x = 1 \text{ m} - 0,96 \text{ m}$$

$$x = 0,04 \text{ m}$$

Distancia entre hilo e hilo

Para realizar el corte y de manera uniforme, el diámetro de la lira estará dispuesto por la mitad de hilos verticales y la otra mitad hilos horizontales, realizando el corte en ambas direcciones. Acorde a la información, obtenida en Budynas y Keith (2010), se calcula las dimensiones de la siguiente forma:

- **Radio de la lira**

$$r_L = \frac{\varphi_L}{2}$$

Donde:

r_L = radio de la lira.

φ_L = diámetro de la lira

$$r_L = \frac{0,47 \text{ m}}{2}$$

$$r_L = 0,235 \text{ m}$$

- **Distancia entre hilo e hilo en disposición horizontal**

Según el tamaño de corte se añade las unidades de hilos.

$$X_H = \frac{r_L}{\text{H de hilos}}$$

Donde:

X_H = Distancia entre hilo e hilo con disposición horizontal.

r_L = radio de la lira.

$$X_H = \frac{0,235\text{m}}{15}$$

$$X_H = 0,016 \text{ m}$$

- **Distancia entre hilo e hilo en disposición vertical**

$$X_V = \frac{A_{PL}}{\text{H de hilos}}$$

X_V = Distancia entre hilo e hilo verticalmente

A_{PL} = alto paleta de la lira

$$X_V = \frac{0,16 \text{ m}}{10}$$

$$X_V = 0,016 \text{ m}$$

Potencia del agitador

Acorde a la información, obtenida en Cengel y Cimbala (2014 pág. 225), se calcula la potencia del motor, de la siguiente forma:

- **Numero de Reynolds**

$$NRe = \frac{\varphi_i^2 (N) \rho}{\mu}$$

NRe= Número de Reynolds

φ = Diámetro del rodete = 0,47m

N=Velocidad rotacional =33 rpm = 0,55 rps (considerando las pruebas experimentales de laboratorio)

ρ = Densidad del fluido = $1029,5 \text{ kg/m}^3$ (valor obtenido del análisis en laboratorio de la leche cruda)

μ = viscosidad del fluido $2,2 * 10^{-3} \text{ kgm/s}$

$$NRe = \frac{(0,47\text{m})^2(0,55\text{rps})(1029,5 \text{ kg/m}^3)}{0,0022 \text{ kg/m.s}}$$

$$NRe = 5,69 * 10^4$$

- **Potencia**

Mediante la gráfica de caracterización de la potencia vs Número de Reynolds se tiene un $N_p=6$

$$P = \frac{N_p}{g_c} * \rho * N^3 * (\varphi_r)^5$$

Donde:

P = Potencia del agitador

N_p = Numero de potencia obtenido

g_c =factor gravitacional $1 \text{ kgm}/N_s^2$

ρ = densidad del fluido $1029,5 \text{ kg}/m^3$

N =Velocidad de rotación 30 rpm

φ_r = diámetro del rodete 0,47m

$$P = \frac{6}{1} (1029,5)(0,55)^3 (0,47)^5$$

$$P = 245 \text{ W}$$

- **Potencia total del motor**

$$P_{\text{motor}} = P(N_{\text{paletas}})$$

Donde:

P_{motor} = potencia total del motor

P = potencia del agitador = 128W


N_{paletas} = 4

$$P_{\text{motor}} = 245W(4)$$

$$P_{\text{motor}} = 980 W$$

La potencia del motor requerido es 1 KW. Acorde a las especificaciones mostradas en el mercado se identifica el siguiente motor:

Tabla 3-14: Motorreductor eléctrico

	Potencia: 1,1 kW
	Voltaje: 220 V
	Peso: 50 Kg
	Velocidad: 15 rpm
	Marca: WEG

Fuente: WEG (2023)

Realizado por: Flores, P. 2023.

3.5.9 Dimensiones de la mesa de moldeado

EL trabajador debe contar con un diseño ergonómico, de tal manera que la mesa de moldeo tendrá las siguientes medidas: 1,2 m de ancho; 2,2 m de largo; y una altura en los extremos de 15 cm. El material sugerido es acero inoxidable 304. Basados en criterios ergonómicos, la altura a nivel del suelo para el trabajo liviano tiene el rango de medida de: 85-110 cm, optando por 90 cm.

$$V_m = (L_m)(A_m)(h_m)$$

Donde:

V_m = volumen de la masa

L_m = longitud de la mesa

A_m = área de la mesa

h_m = altura de la mesa

$$V_m = (2,2m)(1,2m)(0,15m)$$

$$V_m = 0,396m^3$$

Acorde, Madrid (1990 pág. 215), la abertura para la salida del suero será de 10 cm teniendo una forma trapezoidal:

$$A_t = h \left(\frac{a + b}{2} \right)$$

Donde:

A_t = área del trapecio

h= altura del trapecio

a= base larga =0,10m

b= base corta= 0,06m

$$A_t = 0,10m \left(\frac{0,10m + 0,06m}{2} \right)$$

$$A_t = 0,008m^2$$

3.5.10 Dimensión de los moldes

Para la producción de queso se toma en cuenta los diseños de moldes existentes para quesos de 500 g, acorde a Isique (2014 pág. 125) cuyas medidas son de 7 cm x *13 cm x *8 cm,; con material de acero inoxidable 304 y orificios en sus paredes para la eliminación de suero.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Resultados de Análisis Físico Químicos de la leche cruda.

La leche cruda originaria de la Asociación de trabajadores Agrícolas San Pedro de Lluçud cumple con los estándares establecidos bajo la Normativa, por lo cual no se deberían realizar ajustes en la producción de la leche pasteurizada.

Tabla 4-1: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO LABORATORIO	NORMATIVA INEN 009
Proteína	%	INEN 16	3,19	Min. 2,9 Max. -
Grasa	%	INEN 12	4,18	Min.: 3,2 Max. -
Cenizas	%	INEN 14	0,67	Min.: 0,65 Max. -
Sólidos Totales	%	INEN 14	13,01	Min. 11,4 Max. -
Sólidos no grasos	%	-	8,75	Min. 8,2 Max. -
Acidez	%	INEN 13	0,16	Min. 0,13 Max. 0,16
Densidad	-	INEN 11	1,0295	Min. 1,029 Max. 1,033
Punto crioscópico	°C	-	0,53	Min. 0,53 Max. 0,51
Aerobios mesófilos	UFC/ml	INEN 1529-5	100	-
Células somáticas	Células somáticas/ml	AOAC-978.26	1000	Máx. 750 000

Realizado por: Flores P., 2023

4.2 Resultados del análisis físico químico de la leche pasteurizada

En la Tabla 4-2 se muestra una comparación de los resultados del análisis físico químico y microbiológico de la leche pasteurizada a nivel experimental con los valores permitidos por la normativa INEN 010. Requisitos de la leche Pasteurizada.

En el caso de la proteína, el proceso de pasteurización no modificó la misma, conservando un similar porcentaje de proteínas en leche cruda, el porcentaje de grasa disminuyó tras el proceso de 4,18% a 3,62% cumpliendo con el límite de la normativa, este valor además determinó el tipo de leche pasteurizada como entera, pues no se ha sometido a un proceso de descremado. La cantidad del porcentaje cenizas está en el límite máximo de la normativa, el porcentaje de sólidos totales y sólidos no grasos disminuyeron con respecto a la leche cruda. El porcentaje de acidez se conservó tras el proceso, indicador que demuestra la conservación de la leche tras someterse a la pasteurización retrasando el deterioro en caso de aumentar el porcentaje, la densidad de la leche de igual manera se mantiene.

Los parámetros microbiológicos dieron como resultado negativo en *Salmonella* y *Listerias*, ausencia en el caso de *escherichia coli*, la leche pasteurizada presentó bajos niveles de células somáticas, valor que disminuyó con respecto a la leche cruda. El proceso de pasteurización eliminó totalmente la cantidad de aerobios mesófilos 100 UFC/ml a 0 UFC/ml lo cual demuestra la higiene y eficiencia del proceso.

Tabla 4-2: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche pasteurizada

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADO LABORATORIO	NORMATIVA INEN 10
Proteína	%	3,17	2,9 min
Grasa	%	3,62	3,0 min
Ceniza	%	0,8	0,65 min-0,80 máx.
Sólidos totales	%	12,51	11,30 min
Sólidos no grasos	%	8,68	8,30 min
Acidez	%	0,16	0,13 min- 0,18 máx.
Densidad	%	1,029	1,029 min - 1,033 máx.
Aerobios Mesófilos	UFC/ml	Ausencia	30000-50000
Células somáticas	células somáticas/ml	950	200000
<i>Escherichia coli</i>	UFC/ml	Ausencia	<10
<i>Salmonella</i>	UFC/25ml	Negativo	0
<i>Listerias</i>	UFC/25ml	Negativo	0

Realizado por: Flores P.,2023

4.3 Resultados del análisis físico químico del queso fresco

En la Tabla 4-3 se muestra una comparación de los resultados del análisis físico químico y microbiológico del queso fresco a nivel experimental con los valores permitidos por la normativa INEN 1528. Requisitos del Queso Fresco.

La cantidad de grasa presente en el queso de 28,49% lo clasificó como un tipo de queso bajo en grasa o semidescremado, debido a que la leche cruda presentó un nivel de grasa moderado, mismo que también se vio reflejado en el porcentaje de humedad 57,56% dando como resultado un queso suave y cremoso.

Los parámetros microbiológicos cumplieron los límites permisibles de la normativa.

Tabla 4-3: Análisis físico químico y microbiológicos del queso fresco

DETERMINACIONES	UNIDADES	RESULTADO LABORATORIO	NORMATIVA INEN 1528
Escherichia coli	UFC/g	Ausencia	<10 -10
Enterobacterias	UFC/g	600	200-1000
Staphylococcus aereus	UFC/g	80	10-100
Salmonella	UFC/25g	Negativo	Máx. 100
Grasa	%	28,49	Semidescremado- bajo en grasa
Humedad	%	57,56	Semiblando

Realizado por: Flores P.,2023

4.4 Resultados del diseño

4.2.1 Resultados del dimensionamiento de la marmita

El material que se utilizara para la creación del dispositivo de pasteurización de leche (tanque, aspas, rodete) corresponden al acero inoxidable, ya que, para el proceso de un producto alimenticio, este material posee una resistencia a la corrosión, elevada resistencia térmica y mecánica y excelente ductilidad. Para la fabricación de los equipos, se eligió el acero inoxidable AISI 304 (18% Cromo y 8% Níquel). Éste tiene la facilidad de soldadura, maleable, dúctil, y es

el tipo de acero más recomendable para procesamiento de alimentos. (Indura,2010). En la tabla 4-1 se muestra las propiedades del material seleccionado.

Tabla 4-4: Propiedades del acero inoxidable AISI

Propiedad	Valor
Resistencia a la fluencia (ksi)	45
Resistencia máxima (ksi)	90
Alargamiento máximo (mm)	50
Reducción área (%)	40
Módulo de elasticidad(ksi)	29000
Densidad (lb/in ³)	0,28

Fuente: (Budynas, y otros, 2010)

Realizado por: Flores P.,2023

Acorde a los cálculos efectuados, las dimensiones de la marmita, se detallan en la tabla 4-3.

Tabla 4-5: Dimensiones de la marmita para producción de leche

PARÁMETRO	Simbología	Valor
MARMITA		
Volumen de tanque	V	0,33 m ³
Diámetro de tanque	φ	0,65 m
Altura	H	1 m
SECCIÓN DE AGITACIÓN		
Longitud del brazo	L_b	0,6 m
Espesor del agitador	Ea	0,040 m
Diámetro del rodete	φ_{rodete}	0,5 m
Altura para agitación	$h_{agitación}$	0,9 m
Altura entre el fondo y el rodete	h	0,25 m
Altura de la paleta de agitación	H	0,85 m
CHAQUETA		
Área de chaqueta	A	0,25 m ²
Radio de chaqueta	R	0,3 m
Altura	h	0,9 m
MOTOR		
Potencia	P	1,1 KW

Realizado por: Flores P.,2023

4.1.2. Resultados de balance de energía

Con base a las dimensiones establecidas para la marmita, se estableció un diámetro de 0,65 m y una altura de 1 m, para un dispositivo cilíndrico construido totalmente en acero inoxidable AISI 304.

Para el balance de energía, se establece un análisis de las pérdidas y ganancias de calor producto de la interacción entre la leche y el agua, dada la existencia de calor sensible hacia la leche y calor sensible y latente hacia el agua, se aplica el balance de energía con base a la entalpía. La operación de la marmita se establece con un flujo másico de 150 L/h, requiriéndose un flujo de agua de 0,26 kg/min y una potencia de caldera de 1 BHP, para estas condiciones se establece una variación de calor de 329 KJ para el diseño propuesto.

4.2 Estudio financiero

4.2.1 Inversión Fija

Se trata del capital necesario para implementar la planta de lácteos, la cual conlleva la adquisición de equipos necesarios para proceso de obtención de queso y leche pasteurizada, se debe tener en consideración que se cuenta con el terreno y una infraestructura física donde se va a ubicar los equipos, pero este debe contar con el adecuamiento necesario para su correcto funcionamiento. En la Tabla 4-3, se muestra los costos necesarios para cumplir con el objetivo de obtener los productos anteriormente mencionados, mediante la implementación de las líneas de producción.

Tabla 4-6: Costos de equipos

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Empacadora automática de leche	1	14000	14000
Marmita para pasteurizar leche	1	4000	4000
Caldera de 10 KW (1BHP)	1	10000	10000
Marmita para producción de queso	1	4000	4000
Lira para contar queso	1	80	80
Moldes para queso	408	1,1	448,8

Bombas para la transportación de leche, así como de agua	2	400	800
Conductos de vapor	2	250	500
Cuarto frío (3x3x2,4) m	1	5550	5550
Subtotal			39328.8

Realizado por: Flores P.,2023

Para llevar a cabo una producción de calidad, se debe adquirir materiales e instrumentos necesarios para lograr este objetivo de laboratorio que, permitiendo analizar la materia prima y el producto final. A continuación, se puede observar en la Tabla 4-4, se detallan los costos de los materiales mencionados.

Tabla 4-7: Costos de materiales, reactivos e instrumentos para el control de calidad

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Termómetro	1	20	20
Potenciómetro	1	35	35
Probeta	1	5	5
Balón aforado de 100 ml	1	9	9
Piseta	1	5	4
Matraz 100 ml	1	4,6	4,6
Refractómetro	1	125	125
Vasos de precipitación	2	3	6
Pipeta	1	2,5	2,5
Balanza digital	1	60	60
Picnómetro	1	9,5	9,5
Lactómetro	1	80	80
Subtotal			360,6

Realizado por: Flores P.,2023

La planta debe contar con las adecuaciones necesarias para su funcionamiento para la energía eléctrica, agua potable y vapor, para lo cual se debería invertir dinero, mismos que se pueden llegar a observar descrito en la Tabla 4-6.

Tabla 4-8: Inversiones en la planta de procesamiento

INVERSIÓN	COSTO (\$)
Adecuaciones de la estructura física de la planta (Conexiones de agua potable y vapor, modificaciones estructurales, conexiones eléctricas)	4000
Adecuación área de control de calidad (Laboratorio de calidad)	1250
Imprevistos y contingencias que se puedan presentar	200
Subtotal	5450

Realizado por: Flores P.,2023

La mano de obra para cubrir las necesidades de adecuamiento del proceso, así como de la infraestructura es necesaria, por lo cual este cuenta con un coste que debe ser considerada en el presupuesto que este destinado a esta actividad, tal como se puede observar en la Tabla 4-7.

Tabla 4-9: Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso

DENOMINACIÓN	COSTO (\$)
Mano de obra (Montaje e instalación de equipos)	1200
Mano de obra (Adecuación de la planta de lácteos)	1200
Capacitación a socios y empleadores)	700
Subtotal	3100

Realizado por: Flores P.,2023

En la Tabla 4-8, se muestra la inversión fija, involucrando los costes mencionados, mismos que son necesario para llegar a establecer el proceso, formando como coste de partida para llegar a producir queso y leche en la planta ubicada en el Cantón Chambo, además se tiene en consideración que se tiene una inversión inicial previa de 10000,00 dólares.

Tabla 4-10: Inversión fija

DETALLES	COSTO (\$)
Costos de equipos del proceso	39328.8
Costos para control y seguimiento del proceso	360,60
Inversiones en la planta de procesamiento	5450,00
Recursos humanos para el montaje e instalación del proceso	3100,00
TOTAL	48239.4

Realizado por: Flores P.,2023

4.2.2 Gastos operacionales y administrativos

La materia prima, materiales e insumos que son considerados necesarios en el proceso de producción son tomados como egresos directos en la producción de leche y queso, pero además se consideran egresos que si bien no forman parte la línea de producción son necesarios para que esta se desarrolle, las cuales se especifican a continuación en la Tabla 4-8.

Tabla 4-11: Servicios básicos

Servicio	Costo mensual (\$)
Agua potable	60,50
Energía eléctrica	80,00
Teléfono	20,00
Internet	30,00
Subtotal	190,50
Costo anual	2286,00

Realizado por: Flores P.,2023

El procesamiento al no ser de alta complejidad contará con el apoyo de los socios de la asociación de trabajadores agrícolas “San Pedro de Llundud”, quienes actuarán como personal humano. Respecto a la calidad y procesamiento técnico del proceso se tiene en consideración el de contar una personal técnico, el mismo que tendrá a su disposición dos operarios debidamente capacitados, como se describe en la tabla 4-10.

Tabla 4-12: Recursos humanos para el proceso de manufactura

Personal	Actividad	Cantidad	Tiempo de trabajo (h)	Salario/ mes (\$)	Costo anual (\$)
Supervisor de producción	Asesoramiento, seguimiento, control del proceso y aseguramiento de calidad e inocuidad del proceso de producción.	1	160	900,00	10800,00
Operario	Encargado de la recepción de leche, buen funcionamiento de los equipos, entrega del producto.	2	160	650,00	7800,00
Subtotal					18600,00

Realizado por: Flores P.,2023

Para producir 800 litros de leche destinada para queso a partir de 800 litros de leche y 1100 litros para leche pasteurizada se produce egresos, los cuales se consideran los más importantes, ya que forman parte del proceso y elaboración de los productos, constando de asociados a la materia prima, insumos y suministros necesarios. Los costes que se describen en la tabla hacen mención a la producción por lote.

Tabla 4-13: Costo de elaboración de productos

Materiales e insumos	Valor por presentación	Valor unitario (\$)	Cantidad requerida	Unidad	Valor total (\$)
Leche cruda	-	0,40	2000	L	800,00
Fundas para leche pasteurizada	-	0,06	1200	Unidad	72,00
Fundas de poliuretano para queso	.	0,02	800	Unidad	16,00
Cuajo para queso	\$13/500 ml	0,026	80	MI	2,08
Cloruro de Calcio	\$10/300 g	0,03	88	G	2,64
Cloruro de sodio	\$0,86/2 Kg	0,42	9,09	Kg	3,82

Pruebas de calidad leche		10,00	1	Unidad	10,00
Cofia	\$ 6 /(100u)	0,06	6	Unidad	0,36
Mascarillas	\$5/ (50u)	0,10	1	Unidad	0,3
Guantes	\$7/caja (50 pares)	0,28	1	Par	0,84
Productos de limpieza equipos	-	5	1	Unidad	5
Subtotal					113,04
Costo anual					40693,61

Realizado por: Flores P.,2023

Por lo tanto, los egresos anuales que presenta el proyecto se muestran en la tabla 4-12.

Tabla 4-14: Egresos anuales

Detalles	Costo (\$)
Servicios básicos	2 286,00
Recursos humanos para el proceso de manufactura	18 600,00
Costo de elaboración de los productos	40 693,61
TOTAL	61 579,61

Realizado por: Flores P.,2023

4.2.3 Financiamiento

El financiamiento contará con una inversión por parte de los socios de 10 000,00 dólares, en efectivo mientras que el restante será obtenido mediante un financiamiento en una entidad financiera, además de buscar ayuda del GAD de Chambo, en el departamento destinado a emprendimientos agropecuarios. Para la inversión se requiere un préstamo que se solicitará a BanEcuador, el desglose del financiamiento se detalla en la tabla 4-12.

Tabla 4-15: Monto de financiamiento

Descripción	Valor (\$)
Inversión fija	48239,4

Improvistos (10%)	4823,9
Total, inversión	53063,3
Aporte socios	10000,00
Monto a financiar	43063,3
Cuota anual de financiamiento (BanEcuador)	13514,61

Realizado por: Flores P.,2023

4.2.4 Determinación de ingresos anuales

Los ingresos están directamente relacionados con el precio del producto, partiendo desde el costo de producción hasta obtener el precio de venta al público, para lo cual se asociación tiene considerado el procesar 5 días a la semana, un lote de cada producto por día, cabe recordar que la planta de lácteos se va a dedicar inicialmente con dos productos (Queso y leche pasteurizada.). En el caso de la, para estos productos se tiene que para la leche se ha optado considerado por una ganancia o utilidades del 45% y para el queso un 40% en la producción de queso.

4.2.4.1 Costo de producción de leche

Los costos se establecen acorde a la información de (Isique, 2014). El número aproximado de producción de queso será de 1200 litros.

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{\text{numero unidades producidas} * \text{dias producción mensual} * \text{meses}}$$

$$CP = \frac{55532,76 + 65274,38}{1200 * 20 * 12}$$

$$CP = 0,42 \text{ dólares}$$

4.2.4.2 Costo de venta al público de la leche pasteurizada:

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$

Dónde:

PVP: Precio de venta al público

CP: Costo de producción; \$0,42

U: Utilidad deseada; 45%

$$PVP = 0,42 \left(\frac{100}{100 - 45} \right)$$

$$PVP = 0,76 \text{ dólares}$$

4.2.4.3 Costo de producción del queso

El número de unidades producidas es de 408 quesos a partir de 800 litros de leche cruda.

$$CP = \frac{\text{Inversión fija} + \text{egresos anuales}}{\text{numero unidades producidas} * \text{dias producción mensual} * \text{meses}}$$

$$CP = \frac{55532,76 + 65274,38}{408 * 20 * 12}$$

$$CP = 1,23 \text{ dólares}$$

4.2.4.4 Costo de venta del queso al público

$$PVP = CP \left(\frac{100}{100 - U} \right)$$

Doónde:

PVP: Precio de venta al público

CP: Costo de producción: \$0,53

U: Utilidad deseada: (40%)

$$PVP = 1,23 \left(\frac{100}{100 - 40} \right)$$

$$PVP = 2,06 \text{ dólares}$$

Por lo que el ingreso anual que produce el proyecto se puede ver en la Tabla 4-13.

Tabla 4-16: Ingresos anuales

Costo de producción anual	Unidades producidas/lote	Costo de producción por unidad (\$)	PVP (\$)	Ingresos anuales (\$)
65274,38	1200 (1 Litro de leche)	0,42	1,86	54912,34
65274,38	408 (Queso de 500g)	1,24	2,06	50336,65
TOTAL				105248,65

Realizado por: Flores P.,2023

4.5 Análisis financiero

Para determinar, si el proyecto cuenta con viabilidad se tiene en cuenta los índices VAN y TIR, así como el análisis del costo-beneficio. Para el desarrollo del análisis financiero es necesario establecer el estado de flujo, como se detalla en la tabla 4-15.

Tabla 4-17: Estado financiero

DETALLES	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos por ventas	105248.65	109,142.85	113,181.14	117,368.84	121,711.48

Costo de servicio	61579.61	63,858.06	66,220.80	68,670.97	71,211.80
Utilidad bruta en ventas	43,669.04	45,284.79	46,960.33	48,697.86	50,499.69
Gastos de ventas	2000.00	2300.00	2645.00	3041.75	3498.01
Utilidad neta en ventas	41,669.04	42,984.79	44,315.33	45,656.11	47,001.67
Utilidad Opercional	41,669.04	42,984.79	44,315.33	45,656.11	47,001.67
Gastos financieros	13514.61	13514.61	13514.61	13514.61	0.00
Utilidad ntes de participaciones	25,167.68	26,483.43	27,813.97	29,154.75	47,001.67
(-) 15% participación trabajadores	3,775.15	3,972.52	4,172.10	4,373.21	7,050.25
Utilidad antes de impuestos	21,392.53	22,510.92	23,641.88	24,781.54	39,951.42
22% IR	4,706.36	4,952.40	5,201.21	5,451.94	8,789.31
Utilidad total	16,686.17	17,558.52	18,440.66	19,329.60	31,162.11

Realizado por: Flores P.,2023

4.3.1 Valor actual neto (VAN)

Para lograr determinar la factibilidad del proyecto se debe interpretar el VAN de la siguiente manera:

VAN>0: Que el proyecto o la empresa está generando beneficios.

VAN=0: No existe una ganancia o pérdida, pero se pierde el tiempo.

VAN<0: Existe pérdidas en la empresa, además de pérdida de tiempo, por lo que debe ser rechazado.

Los resultados de la evaluación VAN, se muestran en la tabla 4-16

Tabla 4-18: Calculo de VAN

Año (n)	Flujo (USD)	(1+i) ^ n	VAN
0	-62578.34	1.00	-62578.34
1	16,686.17	1.15	14509.71
2	17,558.52	1.32	13276.76
3	18,440.66	1.52	12125.04
4	19,329.60	1.75	11051.76
5	31,162.11	2.01	15493.08
			VAN
			3878.01

Realizado por: Flores P.,2023

En el presente caso, el VAN es mayor de “0”, por lo cual es factible realizar la inversión en la planta de lácteos, considerando una tasa descuento (i) del 15%.

4.3.2 Tasa de retorno de inversión (TIR)

Para este caso, se evalúa el proyecto con los flujos de la tabla 4-15, considerándose la tasa de descuento del 15%, si el valor del TIR es mayor a i, se recomienda la inversión. Con base a los resultados de los flujos anuales, se obtiene un TIR de 17, 3 %, por lo tanto, se recomienda la inversión.

4.3.3 Análisis costo-beneficio

La relación costo – beneficio, nos permite identificar que el proyecto devolvería 0, 43 centavos por cada dólar invertido. La información se detalla en la tabla 4-17.

Tabla 4-19: Análisis costo-beneficio

AÑO	INGRESOS PROY.	EGRESOS PROY.
1	105248.65	78080.97
2	109,142.85	80,359.42

3	113,181.14	82722.16
4	117,368.84	85,172.33
5	121,711.48	71,211.80
TOTAL	566,652.96	397546.68
Relación B/C	1.43	

Realizado por: Flores P.,2023

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se ha llevado a cabo una exhaustiva caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la leche cruda proveniente de la Asociación de Trabajadores Agrícolas “San Pedro de Llucud”, siguiendo los lineamientos establecidos por la normativa NTE INEN 009, dando como resultado el cumplimiento todos los requisitos necesarios. Este proceso proporciona una base sólida para comprender la calidad inicial de la materia prima que se utilizará en la planta de procesamiento lácteo.
- Mediante el análisis de la normativa NTE INEN 10 y NTE INEN 1428, se han identificado y evaluado las variables críticas que influyen en el proceso de obtención de productos lácteos, leche pasteurizada y queso fresco no madurado, realizando una producción experimental de los productos en el laboratorio con la materia prima producida en la comunidad de Llucud, se analizaron finalmente los parámetros físicoquímicos y microbiológicos, dando como resultado el cumplimiento total de la normativa. Este conocimiento es esencial para garantizar la calidad y seguridad de los productos finales.
- El diseño abarca aspectos como la selección de equipos, el flujo de proceso y las medidas de control de calidad necesarias para cumplir con las normativas aplicables obteniéndose las dimensiones de la marmita con un diámetro de 0,65 m y una altura de 1 m, tipo cilíndrico construido totalmente en acero inoxidable AISI 304.
- La evaluación económica del proyecto determinó la relación costo – beneficio de 1,43, el VAN es mayor de 0, por lo cual es factible realizar la inversión en la planta de lácteos, considerando una tasa descuento (i) del 15% y un TIR de 17,3 %, por lo tanto, se recomienda la inversión.

5.2 RECOMENDACIONES

- Ejecutar muestreos periódicos de leche cruda para mantener actualizada la caracterización de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas. Esto garantizará que la información sea representativa de las condiciones cambiantes del suministro de leche y permitirá ajustes o mejoras en los procesos según sea necesario.
- Se sugiere establecer un sistema de monitoreo continuo para las variables identificadas en el proceso de obtención de productos lácteos. La implementación de tecnologías de control avanzadas puede ayudar a mantener las condiciones operativas dentro de los límites especificados por las normativas, asegurando la consistencia y calidad del producto final.
- Realizar simulaciones y/o pruebas piloto para validar la eficiencia y eficacia del diseño propuesto antes de la implementación a gran escala.
- Realizar un análisis de sensibilidad para evaluar las variaciones en los costos y los ingresos afectarían la viabilidad económica del proyecto. Esto ayudará a identificar las áreas involucradas y permitirá la implementación de estrategias de mitigación para garantizar la estabilidad financiera a lo largo del tiempo.

BIBLIOGRAFIA

1. **ALAIS**, Charles. *Ciencia de la leche*. Barcelona-España: Editorial Reverte, 1985. Pág. 21.
2. **ALVARADO MORALES**, Richard. *Estudio de Mercado “Sector de la leche en el Ecuador* [en línea]. Portoviejo-Ecuador, 2017. [Consulta: 18 enero 2023]. Disponible en https://www.sce.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2021/04/estudio_de_mercado_sector_lacteo_SCPM-IGT-INAC-002-2019.pdf
3. **ARCSA**. *Emisión de Permisos de Funcionamiento – Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria* [en línea]. Quito-Ecuador, 2020. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: <https://www.controlsanitario.gob.ec/emision-de-permisos-de-funcionamiento/>
4. **ARCSA**. *Instructivo Externo: Requisitos para la Inscripción y Reinscripción de la Notificación Sanitaria de Alimentos Procesados* [en línea]. Quito-Ecuador, 2018. [Consulta: 28 septiembre 2022]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/IE-B.3.1.2-ALI-01_REQUISITOS-INSCRIP_REINSCRIP-NS.pdf
5. **CIL**, 2023. *Indicadores económicos del Sector Lácteo* [en línea]. Quito-Ecuador, 2023. [Consulta: 23 de octubre 2023]. Disponible en: <https://www.cil-ecuador.org/pagina-en-blanco-1>
6. **COLINA IREZABA, Luisa**. *MEZCLADO ALIMENTOS FLUIDOS* [en línea]. 2019 [Consulta: 25 de agosto 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/14095750/MEZCLADO_FLUIDOS
7. **DÍAZ YUBERO, Ismael**. *Alimentos con historia*. Madrid-España. Editorial Mercasa. 2019, págs. 86-92.
8. **ESPAC**, *Censo Nacional Agropecuario* [en línea]. 2019 [Consulta: 30 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/modulo-economico-espac/>

9. **FAO.** *PRODUCCIÓN LECHERA*. [en línea]. 2019. [Consulta: 30 de Noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
10. **FERNÁNDEZ, E., et al.** Documento de Consenso: Importancia nutricional y metabólica de la leche. *SciELO*. [en línea] 2015. Madrid-España, págs. 92-94. [Consulta: 30 de noviembre 2022]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.8253>
11. **GADM CHAMBO.** *Ordenanza de regulación de uso y ocupación del suelo en el Cantón Chambo*. 2014. Chambo-Ecuador, págs. 66-71
12. **GADM CHAMBO.** *Reforma a la ordenanza que regula el cobro de tasas de servicios de agua potable y alcantarillado en el cantón chambo* [en línea]. 2017. Chambo-Ecuador, págs.1-4 [Consulta: 15 de noviembre 2023]. Disponible en: https://www.gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/ordenza_que_regula_el_cobro_del_agua.pdf
13. **GADM CHAMBO.** *Actualización del Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Chambo* [en línea]. 2019. Chambo-Ecuador [Consulta: 15 de noviembre 2023]. Disponible en: https://gobiernodechambo.gob.ec/chambo/images/PDyOT_-_PARTE_XXI21.pdf
14. **GÖRKEM UÇTUĞ, Fehmi.** The Environmental Life Cycle Assessment of Dairy Products. *Food Engineering Reviews* [en línea]. 2019, vol. 11, Págs 12-14. [Consulta: 15 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12393-019-9187-4>
15. **HOLMAN, Jack Philip.** *Transferencia de calor*. 8va ed. Madrid-España. Editorial Mc Graw Hill, 1998. ISBN 9788578110796, págs. 1-9
16. **INEN.** *Norma técnica ecuatoriana. 1528: 2012. Norma general para quesos frescos no madurados*. [en línea]. 2012, págs. 2-7. [Consulta: 15 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://ia903209.us.archive.org/0/items/ec.nte.1528.2012/ec.nte.1528.2012.pdf>
17. **INEN.** *NTE INEN 0010: Leche pasteurizada. Requisitos*. [en línea]. 2012, págs. 2-7. [Consulta: 15 de noviembre 2023]. Disponible en: <https://archive.org/details/ec.nte.0010.2012/page/n5/mode/2up>

18. **JAMES, W., et al.** *Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa*. 2da Ed. España, 1994. ISBN 9681813065, págs. 110-111
19. **MCCABEN, W. et al.** *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 7ma ed. Estados Unidos. 1991 ISBN 8448119185, págs. 71-73
20. **MAGAP**. Panorama Agroeconómico: Ecuador 2018. [en línea]. [Consulta: 30 septiembre 2020]. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/panorama-agroeconomico-del-ecuador/2018>.
21. **MILLER, G., et.al.** *Handbook of, Dairy foods and Nutrition*. Estados Unidos, 2007, págs. 20-22
22. **SARAVACOS, George & KOSTAROPOULOS, A.,** 2da ed. *Handbook of Food Processing Equipment*. Estados Unidos. 2016. ISBN 9783319250205, págs. 100-110
23. **SECRETARIA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO**. *Número de personas empleadas en la Unidad de Producción Agropecuaria* [en línea], 2017 [Consulta: 24 agosto 2023]. Disponible en: <http://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=truehttp://indestadistica.sni.gob.ec/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=SNI.qvw&host=QVS@kukuri&anonymous=true&bookmark=Document/BM58>
24. **VETERINARIA DIGITAL**. *La producción de leche en Ecuador*. [en línea]. 2022. [Consulta: 4 diciembre 2023]. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/la-produccion-de-leche-en-ecuador/>
25. **VISCARRA Rafael & LASSO, Rodrigo**. *LA LECHE DEL ECUADOR-Historia de la lechería ecuatoriana* [en línea], 2017. [Consulta: 24 agosto 2023]. Disponible en: http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/La%20Leche%20del%20Ecuador.pdf

26. **YANNIOTIS, Stavros.** Pasteurization and sterilization. *Food Engineering Series*, [en línea], 2008, pp. 181-191. [Consulta: 24 agosto 2023]. ISSN 15710297. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/302382206_Pasteurization_and_Sterilization

27. **ZAMBRANO, V., et al.** *Producción de leche en Ecuador y Chimborazo: nuevas oportunidades e implicaciones ambientales* [en línea]. Sangolquí-Ecuador, 2017. [Consulta: 20 enero 2023]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/322756060_La_produccion_de_leche_en_Ecuador_y_Chimborazo_nuevas_oportunidades_e_implicaciones_ambientales

ANEXOS

ANEXO A. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LECHE CRUDA



EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 017-20

CLIENTE: Srta. Paola Flores

TIPO DE MUESTRA: Leche cruda

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de enero

FECHA DE MUESTREO: 27 de enero

EXAMEN FÍSICO

COLOR: Característico

OLOR: Característico

ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 16	3.19
Grasa	%	INEN 12	4.18
Cenizas	%	INEN 14	0.67
Sólidos totales	%	INEN 14	13.01
Sólidos no grasos	%	-	8.75
Acidez	%	INEN 13	0.16
Densidad	-	INEN 11	1.0295
Punto crioscópico	°C	-	0.56
Aerobios mesófilos	UFC/ml	INEN 1529-5	100
Células somáticas	Células somáticas/ml	AOAC - 978.26	1000

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.
*La muestra es receptada en laboratorio.

ANEXO B. EXÁMEN FISICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE PASTEURIZADA



EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 018-20

CLIENTE: Srta. Paola Flores
TIPO DE MUESTRA: Leche pasteurizada
FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de enero
FECHA DE MUESTREO: 28 de enero
EXAMEN FISICO
COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	RESULTADO
Proteína	%	INEN 16	3.17
Grasa	%	INEN 12	3.62
Cenizas	%	INEN 14	0.80
Sólidos totales	%	INEN 14	12.51
Sólidos no grasos	%	-	8.68
Acidez	%	INEN 13	0.16
Densidad	-	INEN 11	1.029
Punto crioscópico	°C	-	0.56
Aerobios mesófilos	UFC/ ml	INEN 1529-5	Ausencia
Células somáticas	Células somáticas /ml	AOAC - 978.26	950
Escherichia coli	UFC/ ml	Siembra en masa	Ausencia
Salmonella	UFC/ 25 ml	Reveal 2.0	Negativo
Listerias	UFC/25 ml	Reveal 2.0	Negativo

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.





El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo; el informe **no deberá** reproducirse

ANEXO C. EXÁMEN MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO DEL QUESO FRESCO

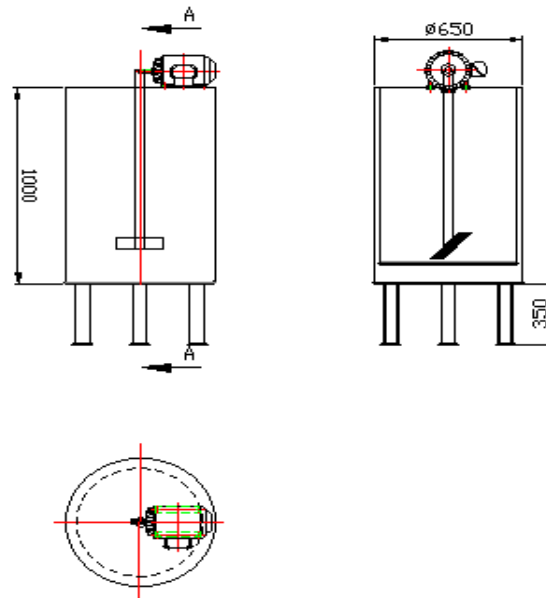


EXAMEN MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO

CÓDIGO 229-19

CLIENTE: Paola Flores		
DIRECCIÓN: Riobamba		TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Queso		
FECHA DE RECEPCIÓN: 31 de octubre		
FECHA DE MUESTREO: 31 de octubre		
EXAMEN FISICO		
COLOR: Blanco		
OLOR: Característico		
ASPECTO: Normal, libre de material extraño		
PARÁMETROS	MÉTODO	RESULTADO
<i>Escherichia Coli</i> UFC/ g	Siembra en masa	Ausencia
Enterobacterias UFC/ g	Siembra en masa	600
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/ g	Siembra en masa	80
Salmonella UFC/ 25 g	Reveal 2.0	Negativo
Listeria UFC/ 25 g	Reveal 2.0	Negativo
Grasa %	INEN 12	28.49
Humedad %	INEN 14	57.56
FECHA DE ANÁLISIS: 31 de octubre		
FECHA DE ENTREGA :07 de noviembre		
RESPONSABLE:		
 		
<p>Dra. Gina Álvarez R.</p> <p>El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.</p>		

ANEXO D. DISEÑO DE MARMITA PARA LECHE PASTEURIZADA

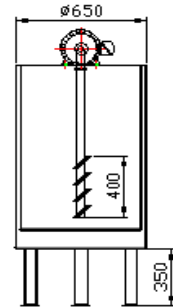
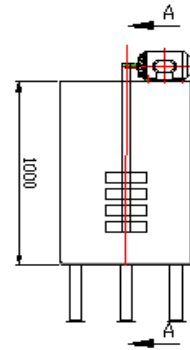


Espesor de material = 3 mm
 Acero Inoxidable ANSI 304
 Marmita para leche

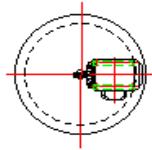
g

NOTAS:					
DISEÑO DE MARMITA PARA LECHE PASTEURIZADA	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA ELABORADO POR: PAOLA FLORES	“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”		
			LÁMINA	ESCAL	FECHA
			1	A 1:1	

ANEXO E. DISEÑO DE MARMITA PARA QUESO



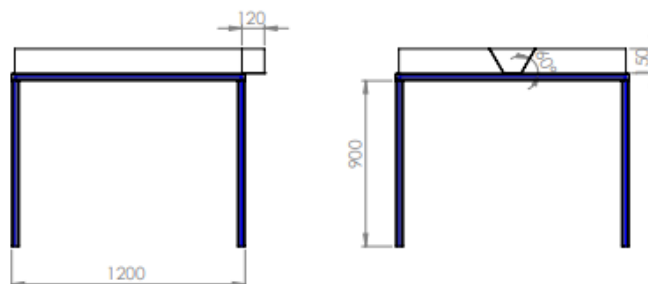
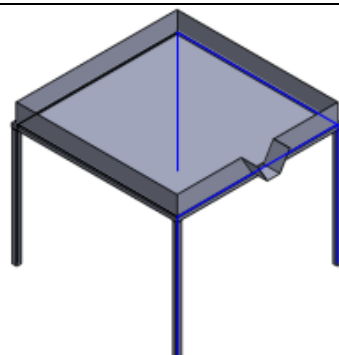
Espesor de material = 3 mm
 Acero Inoxidable ANSI 304
 Marmita para queso



Espesor de material = 3 mm
 Acero Inoxidable ANSI 304
 Marmita para queso

NOTAS:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA ELABORADO POR: PAOLA FLORES	“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”		
DISEÑO DE MARMITA PARA QUESO				LÁMINA	ESCAL	FECHA
		Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información n Por calificar		A 1:1		
			1			

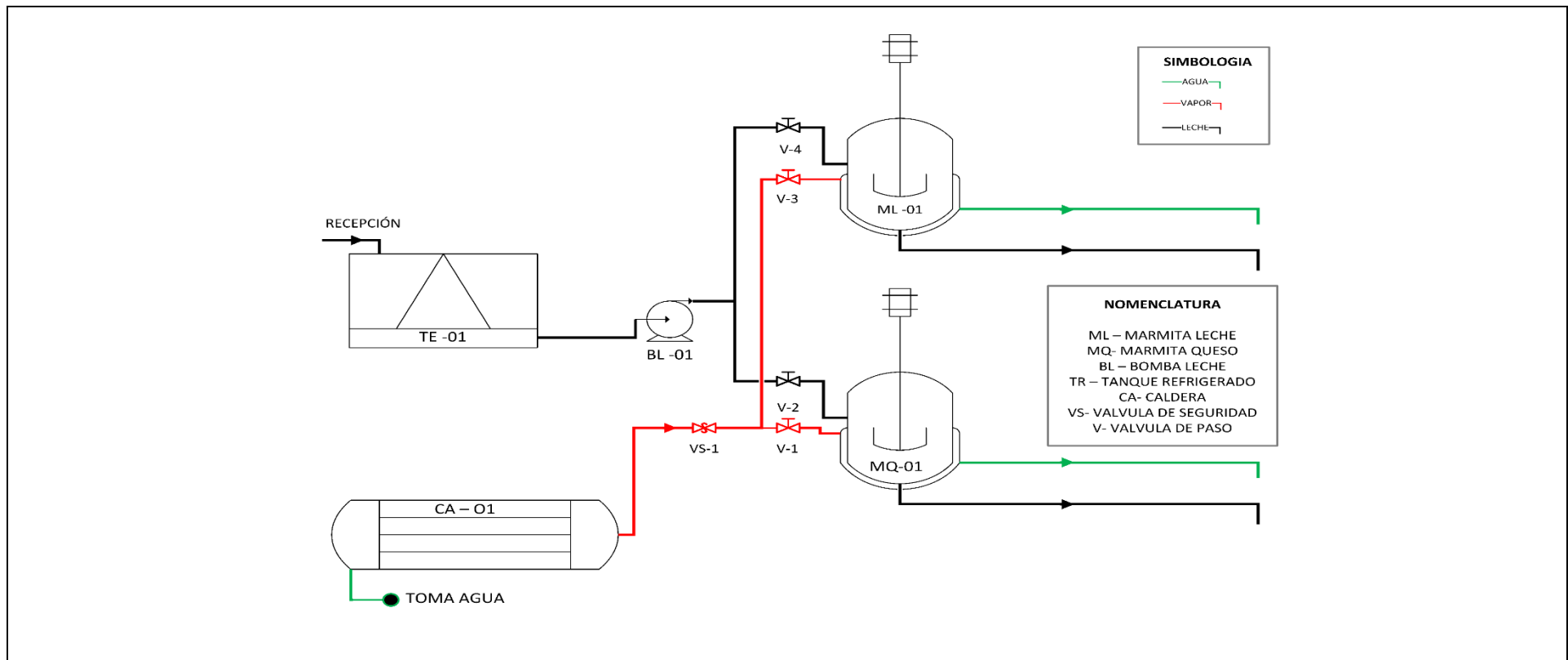
ANEXO F. DISEÑO DE MESA DE MOLDEO



Estructura de mesa: Tubo cuadrado 50x50x 2

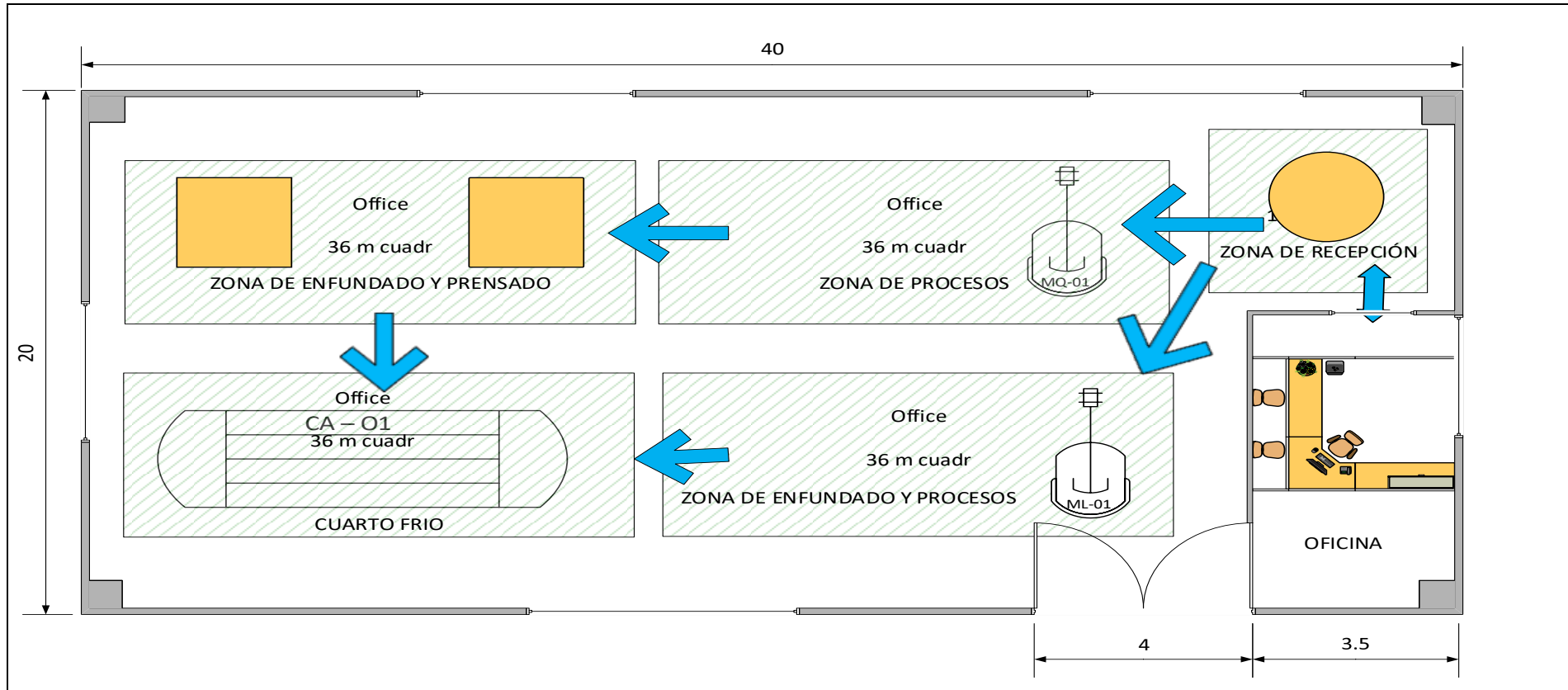
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”		
DISEÑO DE MESA DE MOLDEO	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA ELABORADO POR: PAOLA FLORES	LÁMINA	ESCAL A	FECHA
			1	1:1	

ANEXO G: DISEÑO P&ID



NOTAS:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA	"DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO"		
DISEÑO P&ID				LÁMINA	ESCAL	FECHA
		Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	ELABORADO POR: PAOLA FLORES	1	A 1:1	

ANEXO H: DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA





NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	“DISEÑO DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO Y LECHE PASTEURIZADA PARA LA ASOCIACIÓN DE TRABAJADORES AGRÍCOLAS SAN PEDRO DE LLUCUD, UBICADA EN EL CANTÓN CHAMBO”		
DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA			
		ELABORADO POR: PAOLA FLORES	LÁMINA	ESCAL A	FECHA
			1	1:1	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 13/05/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Paola Alexandra Flores López
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
 Ing. Cristina Alejandra Muñoz Shuguli Directora del Trabajo de Titulación
 Daniel Antonio Chuquín Vasco Asesor del Trabajo de Titulación