



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA ELABORACIÓN  
DE YOGUR EN LA PLANTA DE ACOPIO DE LECHE SAN  
RAFAEL, CANTÓN GUANO**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DIRECTORA: ING. MABEL MARIELA PARADA RIVERA Msc.**

Riobamba - Ecuador

2022

**©2022, Henry David Shagñay Escudero**

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

Yo, HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de mayo de 2022.

---

**Henry David Shagñay Escudero**

**060423906-1**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA ELABORACIÓN DE YOGUR EN LA PLANTA DE ACOPIO DE LECHE SAN RAFAEL, CANTÓN GUANO**, realizado por el señor **HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Calderón Segundo Hugo. MsC <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-05-13
Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, Msc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	_____	2022-05-13
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy, Msc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	2022-05-13

## **DEDICATORIA**

A mi madre Fanny y mis hermanos Stalyn y Dennys por haber sido el pilar fundamental para poder cumplir este sueño tan anhelado y a mis amigos por todos los momentos y anécdotas compartidas durante todo este proceso de formación.

*Henry*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque me ha dado la fortaleza de continuar a pesar de todas las dificultades que se han presentado y por permitirme estar junto a mi familia que me han apoyado en todo momento. A mi familia porque sin su esfuerzo y apoyo no habría podido cumplir con este tan anhelado sueño que hoy se ve reflejado con la culminación de una etapa más en mi vida y el inicio de una nueva etapa ya en el ámbito profesional. A los docentes de esta prestigiosa carrera de ingeniería química ya que gracias a su paciencia y conocimientos impartidos nos han preparado de la mejor manera para el ámbito profesional.

*Henry*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Justificación del proyecto .....	3
1.3. Línea base del proyecto .....	4
1.3.1. Antecedentes de la empresa.....	4
1.4. Localización del proyecto .....	5
1.5. Beneficiarios directos e indirectos .....	6
1.5.1. Beneficiarios directos.....	6
1.5.2. Beneficiarios indirectos.....	6
1.6. Objetivos del proyecto .....	7
1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos específicos .....	7

### CAPÍTULO II

<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	8
2.2. Marco Teórico.....	10
2.2.1. <i>Leche</i> .....	10
2.2.1.1. <i>Composición nutricional de la leche</i> .....	10
2.2.1.2. <i>Normativa para la leche cruda</i> .....	12
2.2.2. <i>Leches fermentadas</i> .....	13
2.2.3. <i>Yogur</i> .....	13
2.2.3.1. <i>Composición química del yogur</i> .....	14

2.2.3.2.	<i>Composición microbiana del yogur</i> .....	15
2.2.3.3.	<i>Fermentación láctica</i> .....	16
2.2.3.4.	<i>Propiedades funcionales del yogur</i> .....	17
2.2.4.	<b><i>Elaboración de yogur</i></b> .....	18
2.2.4.1.	<i>Aditivos para la elaboración de yogur</i> .....	18
2.2.4.2.	<i>Procedimiento para la elaboración de yogur</i> .....	19
2.2.4.3.	<i>Normativa para yogur</i> .....	21

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	22
3.1.	<b>Tipo de estudio</b> .....	22
3.2.	<b>Métodos y Técnicas</b> .....	22
3.2.1.	<i>Métodos</i> .....	22
3.2.2.	<i>Técnicas</i> .....	23
3.3.	<b>Parte experimental</b> .....	38
3.3.1.	<b><i>Caracterización fisicoquímica de leche cruda</i></b> .....	38
3.3.1.1.	<i>Descripción de la toma de muestra de leche cruda</i> .....	38
3.3.1.2.	<i>Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de materia prima</i> .....	38
3.3.2.	<b><i>Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de yogur</i></b> .....	38
3.3.2.1.	<i>Requerimientos de Materiales, Equipos y Reactivos</i> .....	39
3.3.2.2.	<i>Descripción del proceso a escala de laboratorio</i> .....	41
3.3.3.	<b><i>Variables y parámetros de proceso</i></b> .....	46
3.3.4.	<b><i>Formulación del yogur</i></b> .....	48
3.4.	<b>Cálculos</b> .....	49
3.4.1.	<i>Datos adicionales</i> .....	49
3.4.2.	<i>Balance de masa</i> .....	50
3.4.3.	<i>Balance de energía</i> .....	52
3.4.4.	<i>Especificaciones de equipos</i> .....	70
3.5.	<b>Proceso de producción</b> .....	73
3.5.1.	<i>Materia prima, aditivos e insumos</i> .....	73
3.5.2.	<i>Diagrama del proceso de elaboración de yogur</i> .....	74
3.5.3.	<i>Descripción del proceso para elaboración de yogur</i> .....	75
3.5.4.	<i>Capacidad de producción</i> .....	76
3.5.5.	<i>Distribución y diseño de la planta de producción</i> .....	77
3.5.6.	<b><i>Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria</i></b> .....	78
3.5.6.1.	<i>Equipos requeridos para la producción de yogur</i> .....	78

3.5.6.2.	<i>Equipos requeridos para el control del proceso</i> .....	80
3.6.	<b>Análisis costo/beneficio</b> .....	81
3.6.1.	<i>Inversión fija</i> .....	81
3.6.2.	<i>Determinación de egresos</i> .....	82
3.6.3.	<i>Costos totales de inversión fija y egresos</i> .....	83
3.6.4.	<i>Determinación de Ingresos anuales</i> .....	84
3.6.5.	<i>Cálculo de valor actual neto, tasa de retorno interno y período de recuperación</i> .....	84

#### **CAPÍTULO IV**

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	87
4.1.	<b>Resultados de la caracterización de la materia prima (leche cruda)</b> .....	87
4.2.	<b>Resultado de variables y operaciones del proceso de elaboración de yogur</b> .....	88
4.3.	<b>Resultados de los cálculos de ingeniería</b> .....	90
4.4.	<b>Resultados de la validación del proceso de obtención de yogur</b> .....	93
4.5.	<b>Resultados de viabilidad económica del proyecto</b> .....	94

	<b>CONCLUSIONES</b> .....	95
--	---------------------------	----

	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	96
--	------------------------------	----

#### **GLOSARIO**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Localización de la Estación Experimental Tunshi, ESPOCH .....	5
<b>Tabla 2-1:</b>	Localización de la Planta de Acopio de Leche “San Rafael” .....	6
<b>Tabla 1-2:</b>	Composición general del yogur .....	14
<b>Tabla 1-3:</b>	Técnica para el muestreo de leche cruda.....	24
<b>Tabla 2-3:</b>	Técnica para el muestreo de yogur.....	25
<b>Tabla 3-3:</b>	Requisitos fisicoquímicos de leche cruda.....	26
<b>Tabla 4-3:</b>	Requisitos microbiológicos para leche cruda .....	26
<b>Tabla 5-3:</b>	Técnicas para la caracterización fisicoquímico de la materia prima (leche cruda).....	27
<b>Tabla 6-3:</b>	Requisitos fisicoquímicos para yogur .....	34
<b>Tabla 7-3:</b>	Cantidad de microorganismos específicos en yogur .....	34
<b>Tabla 8-3:</b>	Requisitos microbiológicos para yogur.....	34
<b>Tabla 9-3:</b>	Técnicas para los análisis fisicoquímicos del yogur.....	35
<b>Tabla 10-3:</b>	Materia prima e insumos.....	39
<b>Tabla 11-3:</b>	Materiales y equipos .....	40
<b>Tabla 12-3:</b>	Formulaciones para ensayos de laboratorio .....	41
<b>Tabla 13-3:</b>	Variables y parámetros a controlar en el proceso .....	47
<b>Tabla 14-3:</b>	Rendimiento de la formulación obtenida en los ensayos de laboratorio.....	48
<b>Tabla 15-3:</b>	Datos adicionales requeridos .....	49
<b>Tabla 16-3:</b>	Datos experimentales del agua.....	66
<b>Tabla 17-3:</b>	Propiedades del agua saturada .....	66
<b>Tabla 18-3:</b>	Composición de aire .....	68
<b>Tabla 19-3:</b>	Dimensiones de la cámara de combustión.....	69
<b>Tabla 20-3:</b>	Parámetros de tubo para caldera .....	69
<b>Tabla 21-3:</b>	Especificaciones del tanque de recepción .....	70
<b>Tabla 22-3:</b>	Dimensiones de la marmita.....	71
<b>Tabla 23-3:</b>	Dimensiones del fermentador .....	72
<b>Tabla 24-3:</b>	Dimensiones del caldero .....	73
<b>Tabla 25-3:</b>	Materia prima y aditivos .....	73
<b>Tabla 26-3:</b>	Equipos requeridos para la producción de yogur .....	78
<b>Tabla 27-3:</b>	Requerimiento de equipos para el control del proceso .....	80
<b>Tabla 28-3:</b>	Valores de inversión fija de la empresa.....	81
<b>Tabla 29-3:</b>	Servicios básicos requeridos .....	82
<b>Tabla 30-3:</b>	Recursos humanos para producción.....	82
<b>Tabla 31-3:</b>	Costo de elaboración de yogur por lote.....	83

<b>Tabla 32-3:</b>	Costos totales de inversión fija y egresos.....	83
<b>Tabla 33-3:</b>	Ingresos anuales.....	84
<b>Tabla 34-3:</b>	Cálculo del VAN .....	85
<b>Tabla 35-3:</b>	Cálculo del período de recuperación .....	86
<b>Tabla 1-4:</b>	Caracterización fisicoquímica de la leche cruda .....	87
<b>Tabla 2-4:</b>	Análisis microbiológicos de la materia prima .....	88
<b>Tabla 3-4:</b>	Operaciones y variables del proceso de elaboración de yogur .....	89
<b>Tabla 4-4:</b>	Especificaciones de los equipos diseñados.....	91
<b>Tabla 5-4:</b>	Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al yogur.....	93
<b>Tabla 6-4:</b>	Resultados de cantidad de microorganismos específicos en yogur .....	93
<b>Tabla 7-4:</b>	Requisitos microbiológicos para yogur.....	93
<b>Tabla 8-4:</b>	Indicadores de viabilidad económica del proyecto.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Localización de la Estación Experimental Tunshi, ESPOCH.....	5
<b>Figura 2-1:</b>	Localización de la Planta de Acopio, "San Rafael" .....	6
<b>Figura 1-2:</b>	Fermentación láctica.....	16
<b>Figura 1-3:</b>	Filtración de leche cruda .....	42
<b>Figura 2-3:</b>	Toma de temperatura de la leche .....	42
<b>Figura 3-3:</b>	Adición de leche en polvo .....	43
<b>Figura 4-3:</b>	Adición de azúcar .....	43
<b>Figura 5-3:</b>	Pasteurización de la leche.....	43
<b>Figura 6-3:</b>	Enfriamiento de la leche.....	44
<b>Figura 7-3:</b>	Cultivo de bacterias .....	44
<b>Figura 8-3:</b>	Inoculación.....	45
<b>Figura 9-3:</b>	Fermentación del yogur.....	45
<b>Figura 10-3:</b>	Batido de yogur .....	46
<b>Figura 11-3:</b>	Envasado del yogur .....	46

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b> Balance de masa general .....	55
<b>Gráfico 2-3:</b> Diagrama de proceso de elaboración de yogur.....	74
<b>Gráfico 3-3:</b> Capacidad de producción de yogur .....	76

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** NTE INEN 9:2008. LECHE CRUDA. REQUISITOS

**ANEXO B:** NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS

**ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE Y YOGUR

**ANEXO D:** PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR I

**ANEXO E:** PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR II

**ANEXO F:** PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR III

**ANEXO G:** DISEÑO DEL FERMENTADOR

**ANEXO H:** DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN

**ANEXO I:** DISEÑO DE LA MARMITA

**ANEXO J:** DISEÑO DEL CALDERO

**ANEXO K:** DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA

## RESUMEN

En este Trabajo de Integración Curricular se diseñó un proceso industrial para la elaboración de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael” ubicada en el cantón Guano, para ello, se realizó la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima mediante la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) 9:2012. Leche cruda, requisitos. Se efectuaron los ensayos de laboratorio para determinar las operaciones del proceso: recolección de materia prima, control de calidad, estandarización, pasteurización, enfriamiento, inoculación, fermentación, batido, envasado, etiquetado y las variables a controlar; tiempo, temperatura, y cantidad de aditivos. Por consiguiente, para determinar la formulación idónea del producto se realizó el cálculo del rendimiento gracias a la ejecución de los balances de masa obteniéndose un valor del 90%. Por otra parte, en el diseño de ingeniería se realizó el dimensionamiento de equipos como: un tanque de recepción de 1800L con un área de 6.54 metros cuadrados y una altura de 1.91m; una marmita de 1770L con diámetro de 1.087m y una altura de 1.017m; un fermentador de 1728L con diámetro de 1.30m y una altura de 0.48m, entre otros. También, se determinó la distribución de las áreas de la planta y el cálculo de la capacidad de producción a partir de 1500L de leche que resultó en 5770 unidades diarias en envases de 250 mL. Para la validación del producto se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogur en base a la NTE INEN 2395:2011. Leches fermentadas. requisitos, comprobando así, la calidad e inocuidad que este presentó. Finalmente, se realizó el análisis de costo-beneficio que determinó que el proyecto es viable. Se recomienda controlar las variables durante los puntos de control establecidos y manejar las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para la elaboración del yogur.

**Palabras clave:** <DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL>, <YOGUR>, <LECHE>, <FERMENTACIÓN LÁCTICA>, <INOCULACIÓN>, <ADITIVOS>, <GUANO (CANTÓN)>.



Firmado electrónicamente por:

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**



**1283-DBRA-UTP-2022**

## **ABSTRACT**

The present Curriculum Integration Work designed an industrial process for the production of yogurt in the milk collection plant "San Rafael" located in the Guano canton, for this, the physicochemical and microbiological characterization of the raw material was carried out through the Technical Standard Ecuadorian (NTE) of the Ecuadorian Institute for Standardization (INEN) 9:2012. Raw milk, requirements. Laboratory tests were carried out to determine the process operations: raw material collection, quality control, standardization, pasteurization, cooling, inoculation, fermentation, mixing, packaging, labeling and the variables to be controlled; time, temperature, and number of additives. Therefore, to determine the ideal formulation of the product the calculation of the yield was carried out thanks to the execution of the balances of mass obtaining a value of 90%. On the other hand, in the engineering design, the dimensioning of equipment was carried out, such as: a 1800L reception tank with an area of 6.54 square meters and a height of 1.91m; a 1770L pot with a diameter of 1,087m and a height of 1,017m; a 1728L fermenter with a diameter of 1.30m and a height of 0.48m, among others. Also, the distribution of the plant areas and the calculation of the production capacity from 1500L of milk were determined, which resulted in 5770 daily units in 250 mL containers. For the validation of the product, physicochemical and microbiological analyzes of the yogurt were carried out based on the NTE INEN 2395:2011. Fermented milk, requirements to verify the quality and safety that it presented. Finally, the cost-benefit analysis was carried out, which determined that the project is viable. It is recommended to control the variables during the established control points and manage the Good Manufacturing Practices (GMP) for the production of yogurt.

**Keywords:** <DESIGN OF AN INDUSTRIAL PROCESS>, <YOGURT>, <MILK>, <LACTIC FERMENTATION>, <INOCULATION>, <ADDITIVES>, <GUANO (CANTON)>.



Firmado electrónicamente por:

**NANCI  
MARGARITA INCA  
CHUNATA**

## **INTRODUCCIÓN**

En Ecuador, la industria láctea constituye una de las principales actividades económicas, sin embargo, pocas son las pequeñas empresas que se dedican al procesamiento de derivados lácteos, afectando esto al sector ganadero quienes difícilmente perciben un beneficio económico justo a cambio de su actividad, lo que incide de forma evidente sobre la población que pertenece a este sector productivo y su calidad de vida.

En la planta de acopio de leche “San Rafael” diariamente se receiptan 3500 Litros de leche que se entrega a importantes industrias lácteas para su procesamiento en diferentes productos, como queso, yogur, crema de leche, mantequilla, entre otros. Siendo las únicas actividades que realiza este centro comunitario, la recepción y enfriamiento de leche para su posterior venta, esto ocasiona que el beneficio económico que la planta percibe sea mínimo, perjudicando así a sus socios, proveedores y sus familias. Razón por la cual esta planta de acopio analiza la necesidad de procesar la leche que receipta para brindarle un valor agregado que genere beneficios para la empresa y el consumidor.

Al analizar este requerimiento se ejecuta el presente proyecto técnico que tiene como finalidad diseñar el proceso industrial para la elaboración de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael”, que se encuentra ubicada en el cantón Guano, provincia de Chimborazo, para la ejecución se desarrollan las bases teóricas del estudio mediante la revisión bibliográfica para la cual se consideran trabajos relacionados con el tema en estudio.

Además, se describen los métodos y técnicas utilizadas para el desarrollo de la investigación, la ejecución de la parte experimental empieza con la caracterización físico-química y microbiológica de la materia prima según la normativa correspondiente, además los ensayos a escala de laboratorio para determinar las etapas y operaciones del proceso, variables y formulación final del yogur, finalmente con el objetivo de validar el proceso se realizan los análisis de laboratorio correspondientes según la normativa establecida.

El diseño del proceso de elaboración de yogur a nivel industrial se lleva a cabo mediante los cálculos requeridos para el balance de masa, energía, dimensionamiento de equipos que el centro de acopio requiere implementar en caso de ejecutar el proyecto, también se detalla el análisis económico para identificar lo rentable que resulta el proyecto. Los resultados obtenidos se detallan en el capítulo final del proyecto, evidenciando el cumplimiento de los objetivos planteados.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del problema

En Ecuador el sector lácteo, en las últimas décadas, ha presentado un alto dinamismo, sin embargo, para la economía de los territorios rurales la venta y distribución de leche sin procesar no representa mayor beneficio para este sector, ya que, en el país, existen 287 centros de acopio, que se encuentran principalmente en estas zonas y son mercados locales en los cuales los ganaderos solamente entregan su producto para ser vendido a otras industrias a bajo costo (Alvarado, 2017, p.78).

En la provincia de Chimborazo, a pesar de ser una de las localidades que presentan mayor producción de leche, no se aprovecha de manera significativa este recurso ya que no existen las suficientes plantas procesadoras de lácteos, que le brinden un valor agregado a la misma. En la comunidad San Rafael de Chuquipogyo, parroquia San Andrés del Cantón Guano se evidencia esta problemática ya que la Planta de acopio de leche “San Rafael”, no perciben las ganancias esperadas, debido a que solamente distribuyen y expenden leche sin procesar.

El escaso conocimiento, falta de inversión, modernización de grandes industrias y mejora en los procesos, provocan que exista una asimetría económica y social en el sector lácteo. Generando que los pequeños productores se vean perjudicados por las grandes industrias quienes adquieren de ellos la leche a un mínimo costo. Tomando en cuenta las cualidades nutricionales de la leche y la diversidad de sus productos derivados, “San Rafael” busca implementar una línea de producción de yogur, alimento funcional, que posee una amplia acogida en el mercado (Parra, 2016, p.89). El cual brindará un valor agregado a la leche del centro de acopio e incrementará las ganancias de sus asociados y dinamizará la economía del sector.

Al analizar los antecedentes antes mencionados, se propone realizar el diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael”, cantón Guano, de tal manera que el centro de acopio se encamine a ser en un futuro cercano una planta procesadora de derivados lácteos y ser competitiva en el sector, generando nuevas fuentes de empleo, y ofertando al mercado local un producto con las características de calidad e inocuidad deseadas.

## **1.2. Justificación del proyecto**

El sector lechero en el Ecuador tiene una relación de gran impacto socioeconómico tomando en cuenta su aporte al valor agregado y en la producción agropecuaria del país. La producción de leche ha sido, desde sus inicios, una actividad económica destacada para el desarrollo del Ecuador. Esta actividad ha creado fuentes de trabajo y ha sido en muchas ocasiones la única fuente de ingreso para los campesinos de las zonas altas del país, además con esta actividad, se ha logrado abastecer a la población de uno de los principales alimentos para el desarrollo del ser humano, así como de sus derivados (Terán, 2019, p.134).

Según datos de la FAO y el Centro de Industrias Lácteas (CIL), la producción diaria de leche en el Ecuador es de aproximadamente 4.982.370,00 Litros diarios, de los cuales 2,662.560 Litros son procesados, y dentro de esa cantidad, el 10% corresponde a yogur, es decir aproximadamente 150, 000 Litros diarios de yogur se producen el país. De ese mercado, las grandes empresas abarcan el 60% de su producción y se consumen aproximadamente 3'540,623.931 Litros de yogur al mes (FAO, 2020, parr.6). Viéndose perjudicados los pequeños productores, por el bajo costo al que entregan la leche no procesada.

El yogur durante los últimos años ha resultado objeto de estudio debido a los posibles beneficios atribuibles a su consumo. Al ser un alimento que presenta muchos beneficios a nivel nutricional, siendo fuente de micronutriente como minerales y vitaminas y macronutrientes como proteínas de alta calidad, que contribuyen de forma evidente a cubrir los requerimientos de diversos nutrientes en la dieta diaria, además debido a la existencia de actividad microbiana en el producto que le confiere características biológicas específicas (Babio, 2017, p.98).

Al analizar las propiedades nutricionales del yogur y siendo evidente la alta demanda de este producto lácteo en el país resulta de vital importancia que pequeños productores de leche se dediquen a la elaboración de yogur, adoptando esta actividad como parte de sus ingresos al darle un valor agregado a la leche, beneficiando al consumidor y representando una fuente de ingresos para las familias ecuatorianas al generar empleos directos e indirectos asociados a la industria láctea (Alvarado, 2017, p.89).

Conociendo la importancia que representa para el consumidor encontrar en el mercado local un producto que contenga propiedades nutricionales y agradables características organolépticas y la necesidad de la Planta de Acopio de Leche “San Rafael” tiene de generar nuevas fuentes de ingresos y ser competente en el sector, surge la necesidad de realizar el diseño del proceso industrial para la elaboración de un yogur en la Planta de Acopio de Leche San Rafael, que además de beneficiar al consumidor quien gozará de un producto de calidad, también será de gran impacto económico y social al acrecentar la productividad local y asegurar la soberanía alimentaria de los ecuatorianos.

### **1.3. Línea base del proyecto**

#### ***1.3.1. Antecedentes de la empresa***

La planta de acopio de leche “San Rafael”, se creó el 16 de abril de 2018, cuyo propósito ha sido favorecer a los productores de leche y sus familias pertenecientes a la comunidad de San Rafael de Chuquipogyo. En vista de la necesidad de un centro de acopio en el sector, su construcción y funcionamiento se efectuó gracias al diálogo entre el presidente de la comunidad y las autoridades del cantón Guano, lugar donde se encuentra ubicada la planta.

La planta, a partir de su creación y en la actualidad, se encuentra a cargo de la Asociación de Producción Ganadera el Refugio “ASOPROGAR” a la cual pertenecen 89 socios que habitan en sectores aledaños a la planta y quienes llevan a cabo actividades relacionadas a la ganadería principalmente la producción y venta de leche cruda. Sus principales beneficiarios son los miembros de la asociación antes mencionada, sus familias, además los habitantes de la comunidad de San Rafael.

Este centro de acopio se encuentra en funcionamiento durante todo el año, la recolección de leche acontece durante la mañana y tarde, con un promedio de 3500 Litros de leche cruda al día. Siendo la primera recepción de leche a las 06h00 con un volumen promedio de 2300 Litros y la segunda recolección a partir de las 17h00 con un volumen aproximado de 1200 Litros. La leche cruda recolectada recibe un tratamiento térmico de enfriamiento para inhibir el crecimiento microbiano que en caso de propagarse incidiría en la calidad de esta.

La leche cruda enfriada en la planta de acopio “San Rafael” se distribuye a tres empresas de elaboración de productos lácteos con gran renombre en el centro del país, las cuales son; Parmalat, Nutrileche y El Ordeño. El costo de venta de la leche cruda enfriada es de 42 centavos mientras que el costo al cual se adquiere la leche cruda sin tratamiento en la planta de acopio es de 35 centavos de dólar.

La planta de acopio, en mención, cuenta con un área de 600 m<sup>2</sup> de terreno, de los cuales 180 m<sup>2</sup> pertenecen a la construcción de esta. En cuanto a los equipos que posee el centro de acopio se tienen dos ollas de enfriamiento de 2500 Litros, bidones de leche de 40 y 220 Litros de capacidad, además de algunos materiales e instrumentos utilizados para medir la calidad de la leche tales como termómetro, acidómetro, pH metro, pruebas rápidas para evaluar los sólidos totales, grasa, etc.

La planta de acopio en ocasiones anteriores presentó inconvenientes en cuanto a la calidad de la leche debido al incumplimiento de ciertas normas de buenas prácticas ganaderas por parte de sus proveedores, sin embargo, gracias a las capacitaciones que los implicados han recibido en ese rubro con la guía de personal de Agrocalidad, estas deficiencias han ido mermando. Y al momento este centro mantiene vigentes los permisos de funcionamiento requeridos por Agro Calidad el

cuál es el organismo regulador de estos establecimientos y además el municipio del cantón Guano, que ha otorgado los permisos de uso de suelo, permisos ambientales y de riesgos, los cuales son indispensables para el funcionamiento de la planta.

Una de las metas que los miembros de la asociación a cargo de este centro se han planteado es promover el desarrollo de la industria láctea en el sector, mediante la implementación de procesos de elaboración de productos lácteos que le brinden un valor agregado a la leche cruda que allí actualmente solo se receipta y enfría, esto con la finalidad de convertir a San Rafael de Chuquipogyo en una comunidad económicamente activa y referente de desarrollo industrial para los sectores aledaños.

#### 1.4. Localización del proyecto

Para realizar el presente proyecto de Integración Curricular, los ensayos a escala de laboratorio, así como las distintas pruebas de calidad del producto final se llevarán a cabo en los laboratorios de la Estación Experimental Tunshi, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Además, la recolección de materia prima e implementación del proyecto se realizará en la planta de acopio de leche “San Rafael”, ubicada en el cantón Guano, provincia de Chimborazo.



**Figura 1-1:** Localización de la Estación Experimental Tunshi, ESPOCH

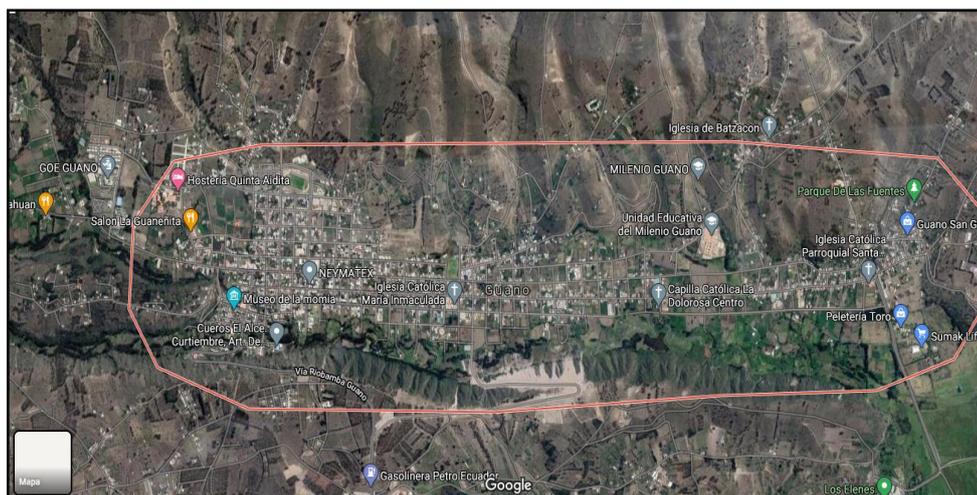
Fuente: GOOGLE EARTH, 2020.

**Tabla 1-1:** Localización de la Estación Experimental Tunshi, ESPOCH

<b>Ubicación</b>	Ubicada en el kilómetro 12 vía a Licto y con una extensión actual de 60 hectáreas, la Estación Experimental Tunshi cuenta con las áreas: pecuaria y recursos naturales.
<b>Latitud</b>	-1.748420
<b>Longitud</b>	-78.625485
<b>Altitud</b>	2560 m.s.n.m.

Fuente: GOOGLE EARTH, 2021.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.



**Figura 2-1:** Localización de la Planta de Acopio, "San Rafael"

Fuente: GOOGLE EARTH, 2021.

**Tabla 2-1:** Localización de la Planta de Acopio de Leche “San Rafael”

<b>Ubicación</b>	Guano, cantón de la Provincia de Chimborazo en la República del Ecuador. Tiene una superficie de 473 km <sup>2</sup> , y su rango de altitud va desde los 2.000 hasta los 6.310 msnm.
<b>Latitud</b>	-1.67364
<b>Longitud</b>	-78.64508
<b>Altitud</b>	2258 m.s.n.m.

Fuente: GOOGLE EARTH, 2021.

Realizado por: Shagnay, H. 2022.

## 1.5. Beneficiarios directos e indirectos

### 1.5.1. Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son los asociados a la planta de acopio de leche “San Rafael” a cargo del GADM cantón Guano, debido a que, al implementar el proceso de producción de yogur, se obtendrán mayores ganancias económicas al brindarle un valor agregado a la leche mediante la producción de un derivado lácteo, ya que, en la actualidad, ellos expenden a otras industrias a un mínimo costo.

### 1.5.2. Beneficiarios indirectos

Las comunidades ganaderas, pequeños productores de leche y sus familias pertenecientes a la comunidad de San Rafael de Chuquipogyo del cantón Guano, y los sectores aledaños, juntamente

con las poblaciones de la región en la cual se pretende comercializar el producto una vez elaborado, al brindar al consumidor un yogur con elevadas propiedades nutricionales, inocuo y de calidad. De esta manera se generará empleo, esto resulta en el desarrollo socioeconómico de la zona y la mejora de su calidad de vida.

## **1.6. Objetivos del proyecto**

### ***1.6.1. Objetivo general***

- Diseñar un proceso industrial para la elaboración de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael”, cantón Guano.

### ***1.6.2. Objetivos específicos***

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de la materia prima necesaria para la elaboración de yogur de acuerdo a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos.
- Identificar los parámetros, variables y operaciones necesarias para el diseño del proceso industrial de elaboración de yogur.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso.
- Validar el diseño del proceso mediante un análisis bromatológico del producto final de acuerdo a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2395:2011. Leches Fermentadas. Requisitos.
- Realizar un estudio de viabilidad económica para la implementación del proceso.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1. Antecedentes de la Investigación

La planta de acopio, consta de instalaciones que forman parte de un sistema a través del cual se receipta la leche directamente del productor para posteriormente entregar a las plantas procesadoras de derivados lácteos, sin embargo, el costo al cuál expenden la leche no representa una ganancia significativa para los productores de materia prima, la identificación de esta problemática ha motivado al desarrollo de proyectos que generen valor agregado a la leche cruda, beneficiando a los miembros de las plantas de acopio, los productores locales, sus familias y la comunidad en general.

En este sentido, son varias las investigaciones relacionadas específicamente con la producción de yogur, que es una leche fermentada, que se elabora a partir de leche entera gracias a la acción de bacterias ácido lácticas que transforman el azúcar de la leche en ácido láctico más pequeñas cantidades de otros subproductos, como efecto de la acidificación del medio a causa de estas bacterias, las proteínas contenidas en la leche se coagulan y posteriormente precipitan, dando origen a un producto con sabor, aroma y textura característicos, el cual es reconocido por el consumidor debido a su elevado valor nutricional al cual se le atribuyen saludables beneficios (Mendoza, 2015, p.5).

La elaboración de yogur como proceso asociado a las plantas de acopio, busca destacar el valor de la actividad lechera en cada uno de los eslabones que conforman la cadena alimentaria, además es de beneficio para los consumidores debido a que este derivado lácteo debido a su elevado contenido de proteínas ayuda a mejorar la digestión del organismo. Actualmente en el medio es muy común el consumo de yogur por sus ventajas nutricionales y por sus agradables características sensoriales, resulta ser uno de los derivados lácteos más valorados y apetecidos del mundo, además por la gran variedad de sabores y presentaciones que se han desarrollado en este mercado.

A escala industrial, el yogur en Ecuador actualmente se disputa un importante espacio en el mercado basado en publicidad enfocada en las propiedades nutricionales que brinda al consumidor. Según el Centro de la Industria Láctea (CIL), en el país se producen 150000 Litros diarios de yogur (Alvear, 2010, p.35).

Existen varios estudios realizados sobre la elaboración de yogur en la industria láctea, algunos centros de acopio de leche ya han aprovechado la materia prima que receiptan para la producción de este producto tan apetecido, evidenciándose los beneficios económicos y el desarrollo de la

planta. Al realizar la revisión bibliográfica acerca del tema, se registran las siguientes investigaciones relacionadas.

- Clavijo (2014), realizó el análisis de la factibilidad de desarrollar un proyecto de producción y venta de yogur artesanal para microempresas de la ciudad de Guayaquil, en su estudio titulado: “Estudio de factibilidad para la elaboración y distribución de yogur artesanal para microempresas en la ciudad de Guayaquil”.
- Pérez (2019), diseñó el proceso de fabricación de yogur para optimizar el tiempo de producción en una empresa de productos lácteos en la ciudad de Latacunga, en su estudio titulado: “Estudio del proceso de fabricación del yogur para la optimización de tiempos y movimientos en la empresa de productos lácteos Leito”.
- Telenchano (2020), estableció un diseño para el proceso de elaboración de yogur, en su estudio titulado: Diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur en la microempresa lácteos “San Carlitos”.
- Zaferson (2019), optimizó el proceso de cultivo de bacterias en la elaboración de yogur para productores artesanales, con el fin de reducir el tiempo que toma esta etapa, a través de la metodología experimental, en su estudio titulado: “Optimización del proceso de cultivo de bacterias durante la elaboración de yogur para productores artesanales”.
- Marcani (2020), creó diferentes formulaciones para la elaboración de yogur fortificado con chía, en su estudio titulado: “Elaboración de yogur fortificado a base de diferentes concentraciones de chía (salvia hispánica l.)”.
- Paucar (2021), desarrolló el estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de yogur frutado de guanábana con chía, con el fin de lograr un proyecto próspero, en su estudio titulado: “Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de yogur frutado de guanábana con chía”.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Leche**

Leche cruda, es el producto que resulta de la secreción normal de las glándulas mamarias proveniente de vacas sanas, que se obtiene mediante su ordeño íntegro e higiénico, sin adicionar, ni sustraer alguna de sus propiedades, libre de calostro y sin la presencia de materias extrañas a su naturaleza, misma que puede ser destinada a su consumo de forma natural o posterior a elaboración de otros derivados (NTE INEN, 2018, p.23).

Es un líquido principalmente compuesto por proteínas, minerales y glóbulos de grasa, con alto valor nutricional, considerado uno de los alimentos más completos que existe. Desde el punto de vista de sus componentes, la leche de vaca se constituye como un alimento completo y equilibrado, pues en comparación con las calorías que aporta, proporciona también un elevado contenido de nutrientes, y según profesionales de la salud es recomendable su consumo desde la infancia hasta la tercera edad.

La leche de vaca es reconocida como un alimento básico en la alimentación humana a lo largo de todas las etapas de la vida. A razón de esto su procesamiento industrial ha contribuido en que la población en general tenga acceso generalizado a su consumo, contribuyendo a la notable mejora del nivel de salud gracias a su ingesta. Los múltiples beneficios de la leche de vaca no se encuentran limitados solo a su valor nutricional, sino que su consumo se convierte en un factor de prevención en determinadas patologías como enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, sobrepeso y obesidad, hipertensión arterial y en patologías óseas o dentales (Fernández, y otros, 2015, p.78).

#### *2.2.1.1. Composición nutricional de la leche*

La leche es una mezcla compleja de diferentes sustancias, que se encuentran presentes en emulsión o suspensión, entre otras, en forma de solución verdadera y presenta ciertas sustancias específicas: agua, macronutrientes como grasa, proteína, lactosa, y micronutrientes como: algunas vitaminas y minerales; sus porcentajes se calculan mediante análisis de extracto seco o sólidos totales. Este extracto seco varía a causa de diferentes factores como, por ejemplo: raza, tipo de alimentación del ganado, el medio ambiente, el estado sanitario de la vaca, entre otros (Agudelo et al., 2005, pp.38-42).

- **Agua**

El agua es el componente más abundante de la leche, ya que esta se encuentra formada por alrededor de un 85% de agua que constituye la fase dispersante, en la cual los otros componentes de mayor tamaño se encuentran disueltos en ella o suspendidos. Las sustancias proteicas se encuentran formando un coloide en estado de sol, mientras que la lactosa y las sales forman una solución verdadera.

Algunas características de la leche con relación al contenido de agua son; el peso específico que tiene una media de 1.032, el punto de congelación entre  $-0.54^{\circ}\text{C}$  y  $-0.55^{\circ}\text{C}$  a causa de la lactosa y otros componentes; estos valores se han determinado gracias a una técnica denominada crioscopía, la misma que permite detectar posibles adulteraciones de la leche por adición de agua. A su vez el contenido de agua influye directamente sobre el punto de congelación de la leche, la acidificación, entre otras propiedades (Lerche, 2013, p.188).

- **Proteínas**

El porcentaje de proteína contenida en la leche se encuentra alrededor del 3,5%. La proteína láctea constituye una mezcla de numerosas fracciones proteicas distintas y de pesos moleculares diferentes, las cuales se clasifican en dos grupos principales: caseínas en un 80% y proteínas séricas es decir albúmina y globulina en un 20% (Heredia, 2005, p.123).

- **Componente graso**

La materia grasa constituye cerca del 3% de la leche, la cual se produce en las células secretoras de la glándula mamaria, se halla en forma de partículas emulsionadas o suspendidas en pequeños glóbulos de tamaño microscópico, cuyos diámetros varían entre 0.1 a 0.22 micrones con una capa de fosfolípidos que los rodea evitando que la grasa se aglutine y separe de la parte acuosa. La grasa de la leche en algunas ocasiones sufre alteraciones causadas por la acción de la luz, del oxígeno y las enzimas lipasas. El contenido de grasa varía por diferentes factores como la raza y las prácticas debidas a la alimentación, además cuando la vaca presenta procesos inflamatorios o infecciosos pueden provocarse disminuciones significativas del porcentaje de grasa en la leche (Lerche, 2013, p.45).

- **Minerales**

Entre los principales minerales que la leche de vaca contiene se encuentran; sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, fósforo, fluoruros, yoduros. Además, el

aluminio, molibdeno y la plata se han identificado en ínfimas cantidades. Algunos factores como alteraciones secretoras, enfermedades del metabolismo y otros estados patológicos en el animal, pueden originar0 notables cambios en la concentración de los elementos minerales. Siendo el primer signo de un trastorno secretor el descenso del contenido de calcio, provocando que la leche pierda sus propiedades de coagulación (Lerche, 2013, p.56).

- **Enzimas**

La leche contiene enzimas que se aprovechan para la inspección y control, debido a que muchas de ellas influyen en la calidad de la leche y pueden ser el origen de ciertas alteraciones. Sin embargo, estas enzimas carecen de valor nutricional. Existen dos grupos de enzimas: las hidrolasas, a este grupo pertenecen las esterasas, lipasas, carbohidratasas y proteasas, otro grupo de enzimas corresponde a las oxido-reductasas, dentro de las más importantes se tiene a la catalasa y la peroxidasa que son utilizadas para identificar la calidad microbiológica de la leche (Paseiro, 2016, pp.21-42).

- **Vitaminas**

Las principales vitaminas que contiene la leche son las siguientes; la A, D, E, K, vitaminas del complejo B y ácido ascórbico, carotenos, biotina, ácido fólico, siendo su concentración sujeta a oscilaciones dependientes de ciertos factores como época del año, tiempo atmosférico, ambiente y alimentación. Además, también la manipulación de la leche influye sobre el contenido vitamínico debido a que el solo por encontrarse almacenada se puede producir pérdidas de vitaminas, las cuales suelen ser dependientes de la temperatura y de las radiaciones lumínicas (Paseiro, 2016, pp.21-42).

#### *2.2.1.2. Normativa para la leche cruda*

La Norma Técnica Ecuatoriana establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que debe cumplir la leche cruda de vaca destinada a su procesamiento. Esta norma es aplicada únicamente a la leche cruda de vaca, sin un previo tratamiento térmico, salvo el de enfriamiento para su conservación, ni que ha sufrido modificación alguna en su composición (NTE INEN, 2012, p.47).

En la norma además se especifican las disposiciones generales establecidas para la leche cruda no apta para consumo humano, en cuanto a agentes físicos extraños, gérmenes patógenos, sustancias de naturaleza biológica, entre otros (NTE INEN, 2012, p.56).

### 2.2.2. *Leches fermentadas*

Se denomina leche fermentada a aquellos productos acidificados, que se obtienen por coagulación y disminución del pH de la leche, debido a la formación de cultivos lácticos causados por la acción de las bacterias del ácido láctico tales como los *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, entre otros. Existe una gran variedad de leches fermentadas con distintas características, sin embargo, la tecnología de su fabricación es similar en todos los casos. Por ello, las leches fermentadas suelen clasificarse según el tipo de microorganismo utilizado en su elaboración (Pérez y Sánchez, 2018, p.30).

La tecnología con la que son elaboradas las leches fermentadas a nivel artesanal es de cierta manera simple y suelen elaborarse con el empleo de un equipo sencillo. En la elaboración de leches fermentadas a escala industrial es necesaria una producción uniforme y a bajo coste, por lo mismo se exige un elevado control y un equipo más sofisticado, a pesar de que los principios básicos de fabricación son los mismos.

Los microorganismos que se emplean como cultivos iniciadores con más frecuencia pertenecen al grupo de bacterias ácido-lácticas, en el yogur estas bacterias son el *Lactobacillus bulgaricus* y el *Streptococcus thermophilus*. Actualmente, a estos derivados lácteos se le atribuyen múltiples beneficios nutricionales esto ha llevado a la inserción de bacterias intestinales como el *Bifidobacterium* en los cultivos iniciadores. Por otra parte, en algunos productos, también se utilizan levaduras; por ejemplo, en la producción del koumis y el kefir, se emplean cultivos que contienen levaduras que actúan junto con las bacterias lácticas (Pérez y Sánchez, 2018, p.30).

### 2.2.3. *Yogur*

El yogur es un derivado lácteo conocido por ser un alimento funcional, obtenido mediante la fermentación de bacterias ácido-lácticas de la leche. Si bien se desconoce su verdadero origen desde la antigüedad ha sido identificado debido a sus efectos en la salud humana, entre los cuales se encuentran: mejora del sistema inmune, prevención de varios tipos de cáncer, disminución de colesterol, mejora de la flora intestinal, prevención de helicobacter pylori, entre otros. Estas propiedades nutricionales se les atribuyen debido a las bacterias empleadas en su elaboración, entre ellas figuran las bacterias ácido-lácticas-probióticas como Bifidobacterias, Streptococcus y principalmente *Lactobacillus* (Parra, 2012, pp.162-177).

El yogur tiene aroma y sabor diferentes a otros productos fermentados, esto se debe principalmente a la presencia de pequeñas cantidades de ácido acético, diacetilo y acetaldehído; este último, producido por el *Lactobacillus delbureckii ssp. Bulgaricus*, siendo el que más contribuye a proporcionarle al yogur su sabor ácido característico, además, presenta una fina y

suave textura, que puede asemejarse a un gel o líquido viscoso, estas características organolépticas dependen de las técnicas de fabricación.

Para la elaboración de yogur los microorganismos productores de la fermentación láctica que se emplean deben ser viables y encontrarse presentes en el producto terminado en cantidad mínima de 1 por 10 colonias por gramo o mililitro. Durante la fabricación del yogur, y hasta su adquisición por el consumidor, debe mantenerse a temperaturas comprendidas entre 1 °C y 8 °C. Y el tiempo máximo entre su elaboración y expendio al consumidor debe ser de veintiocho esto con el fin de garantizar la calidad e inocuidad del producto (Mendoza, 2015, p.89).

El yogur, es considerado como un alimento muy nutritivo, rico en proteínas de alto valor biológico es decir que contienen todos los aminoácidos esenciales. Además, contiene calcio y fósforo. A pesar de compartir estas características, existen diferentes tipos de yogur que varían en cuanto, a su composición química y propiedades para la salud, debido a diferencias en el proceso de elaboración y los aditivos empleados. Existen ciertos tipos de yogur, cuyo consumo se recomienda sea moderado debido al contenido de azúcares añadidos y otros ingredientes que suelen reducir los beneficios de su consumo, en contraste existe otros tipos de yogur que son más recomendables.

#### 2.2.3.1. Composición química del yogur

En tabla 1-2 se detalla la composición general del yogur elaborado a partir de leche de vaca. Se debe recalcar que la composición química varía dependiendo de la materia prima que se emplee: leche de vaca, de cabra, de oveja u otros. Además, otros ingredientes, aditivos y modo de elaboración determinan el tipo de yogur que se obtendrá: líquidos, cremosos, desnatados, con frutas, entre otros.

**Tabla 1-2:** Composición general del yogur

<b>Componente</b>	<b>Contenido</b>
Agua	88.5%
Proteínas	3.5%
Lípidos	1.8%
Glúcidos	5.0%
Vitaminas y minerales	1.2%
Calorías	49 kcal/100 g

**Fuente:** Ramírez, 2018.

**Realizado por:** Shagñay, H. 2022.

Entre los componentes que destacan dentro de este producto lácteo fermentado se encuentran, las vitaminas siendo las más importantes: vitamina A, B1, B2, B6, B12, D y I. Además de minerales

como el calcio, el fósforo, el potasio y el sodio presentes en pequeñas cantidades. Los compuestos que más destacan dentro del yogur elaborado a partir de leche de vaca son: 88, 50% de agua, 3,50% de proteínas, 1,80% lípidos, 5,00% glúcidos y un total de calorías de 49 cada 100 gramos (Ramírez, 2018, pp.23-25).

Durante el proceso de elaboración de yogur ocurren ciertas reacciones que generan su composición química y sus peculiares características sensoriales. La primera reacción que ocurre es la transformación de galactosa en glucosa que constituye el sustrato principal para la fermentación. Seguido de esto, la glucosa forma el piruvato que posteriormente se convierte en ácido láctico por acción de la enzima deshidrogenasa láctica y se transforma en acetaldehído debido a una serie de enzimas, como el piruvato decarboxilasa (Ramírez, 2018, pp.67-69).

### 2.2.3.2. *Composición microbiana del yogur*

El yogur contiene bacterias activas que forman parte de la flora intestinal del ser humano, las mismas que son indispensables para la descomposición de los alimentos durante la digestión. Debido a esto el yogur es un producto que brinda al consumidor una alta digestibilidad, ya que con su consumo aumenta el coeficiente de absorción de muchas sustancias, tales como proteínas, grasas, carbohidratos entre otros. Además, de intensificar la retención de fósforo, calcio y hierro, y ayudar en la reducción de alergias. En comparación con la leche son muchos más los beneficios que el yogur brinda.

Las propiedades nutricionales antes descritas se atribuyen principalmente a la presencia de algunos microorganismos, sobre todo bacterias ácido-lácticas, que intervienen en el proceso de la fermentación de la leche para obtención del yogur. Estos microorganismos, son un grupo amplio de bacterias homofermentativas, que tienen como característica común, producir ácido láctico en un 70-90%, como el principal producto final de su metabolismo, se encuentran en la leche y en otros ambientes naturales. Por ejemplo: *Lactobacillus. Bulgaricus*, *Streptococcus. Thermophilus*, *Lactobacillus. Acidophilus* (Mendoza, 2015, p.56). A continuación, se describen sus características principales.

#### • **Lactobacillus bulgaricus**

Es una bacteria acidófila láctea homofermentativa, crece y se reproduce mejor en ambientes ácidos, a temperaturas entre 42 y 45°C. Es una bacteria compleja con necesidades nutricionales, produce alrededor de un 2,7% de ácido láctico, provocando disminución del pH que aporta el sabor ácido al yogur. Además, es una bacteria proteolítica, es decir produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas. Por esta razón libera aminoácidos como la valina, la cual es de interés ya que favorece el desarrollo del *Streptococcus thermophilus* (Ríos, 2018, p.53).

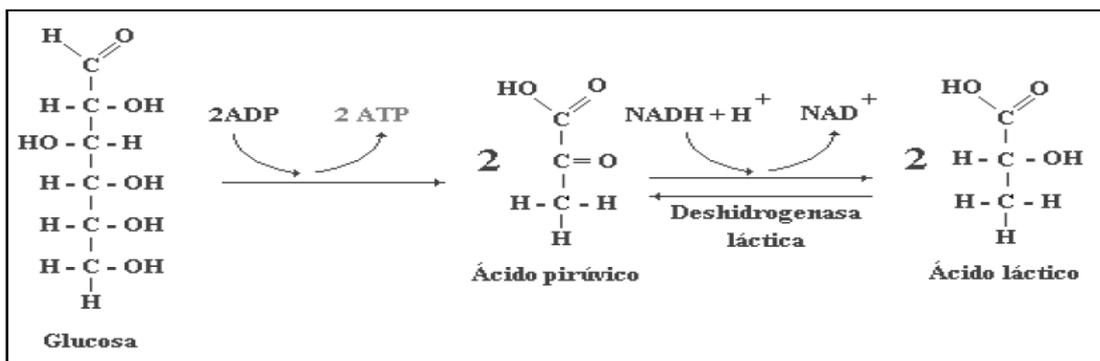
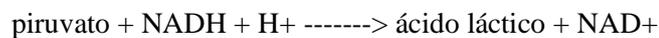
• **Streptococcus thermophilus**

Son bacterias gram-positivas, no móviles, anaerobias facultativas, que se desarrollan de manera óptima entre 37-40°C de temperatura, pero suelen durante cortos períodos hasta los 50 - 65°C, por esta razón son microorganismos que resisten a tratamientos térmicos y de pasteurización. Poseen gran relevancia en la industria láctea, al utilizar principalmente azúcares como sustrato para la generación de productos de fermentación, siendo el ácido láctico su principal producto, sin embargo, posee menor poder de acidificación que el Lactobacilus (Ríos, 2018, p.67).

2.2.3.3. *Fermentación láctica*

La fermentación láctica consiste en un proceso celular anaerobio en el cual se emplea glucosa para obtener energía y el producto de desecho que además se genera es el ácido láctico. Este proceso lo realizan las bacterias lácticas, hongos, algunos protozoos, entre otros organismos.

En condiciones anaerobias (ausencia de oxígeno), la fermentación responde al requerimiento de la célula de generar la molécula de NAD<sup>+</sup>, que fue consumida durante la glucólisis en el proceso energético. Al momento de la glucólisis la célula transforma la glucosa y la oxida en ácido pirúvico, un compuesto de tres átomos de carbono, obteniendo, además, dos moléculas de ATP; no obstante, en este proceso se emplean dos moléculas de NAD<sup>+</sup> que participan como aceptores de electrones y se reducen a NADH. Con la finalidad de dar lugar a las reacciones productoras de energía de la glucólisis se requiere volver a oxidar el NADH; mediante la cesión de dos electrones del NADH al ácido pirúvico, que se reduce a ácido láctico. Los principales factores que influyen en el proceso fermentativo son la temperatura, la concentración de sal común, y la exclusión del aire (Tello, 2018, p.35).



**Figura 1-2:** Fermentación láctica

Fuente: Tello, 2018.

Una de las principales aplicaciones de la fermentación láctica en la industria alimentaria es ser base del proceso de obtención de yogur. Mediante la acidificación de la leche gracias a ciertas bacterias como el *Lactobacillus* y *Streptococcus*, como se desarrollan en la leche, estas emplean como fuente de energía la lactosa. Mismo que al fermentarse, produce energía que es aprovechada por las bacterias y se elimina el ácido láctico produciendo la coagulación de la leche que resulta por la precipitación de las proteínas presentes en la leche, y ocurre por la reducción de pH debido a la presencia de ácido láctico, que, además, posee muy buenas propiedades conservantes de los alimentos (Tello, 2018, p.42).

#### *2.2.3.4. Propiedades funcionales del yogur*

El yogur contiene proteínas de gran beneficio para el ser humano y que poseen una mayor digestibilidad que la leche. A esta leche fermentada se le atribuyen propiedades nutricionales, sin embargo, expertos en nutrición manifiestan ciertos consejos para su consumo. Dentro del amplio grupo de leches fermentadas que existen, el yogur resulta de la fermentación de la leche por la acción de bacterias ácido-lácticas específicas que provocan una serie de reacciones que dan lugar a la coagulación de sus proteínas y la formación de ácido láctico.

La composición nutricional de los diferentes tipos de yogures que se encuentran en el mercado varían en función de la leche que se emplea, ya sea entera, desnatada u otra y también de los componentes o aditivos que se añadan al yogur los cuales incrementan su valor calórico. Por ejemplo, algunos los yogures saborizados llevan además de la leche, nata, azúcar, frutas, colorantes que incrementan marcadamente su valor calórico en comparación con un yogur natural. A pesar de su alto contenido de calorías, el yogur es una excelente fuente de vitaminas del grupo B y A y una muy buena fuente de minerales como el calcio, fósforo, magnesio y zinc.

Dentro de las propiedades nutricionales del yogur la que más resalta es su valor probiótico, debido a las bacterias que este contiene, diversos estudios científicos avalan sus beneficios probióticos entre los cuales destacan los mencionados a continuación (Márques, 2019, p.78).

- Disminución de los síntomas de intolerancia a la lactosa, pues ayudan en su proceso de digestión intestinal.
- Prevención y tratamiento de la diarrea en los niños, cuando es causada por rotavirus
- Mejoría de la diarrea en adultos después de la toma de antibióticos, pues contribuye a reestablecer la flora intestinal.
- Incremento del número de bacterias beneficiosas en el intestino que tienen propiedades antioxidantes, además de ayudar a eliminar sustancias tóxicas y carcinógenas.

- Eleva las defensas debido al aumento en la producción natural de ciertos tipos de células que pertenecen al sistema inmunitario.

#### **2.2.4. *Elaboración de yogur***

El yogur es un producto lácteo obtenido por la fermentación de la leche mediante bacterias ácido-lácticas de los géneros *Lactobacillus* y *Streptococcus*, en la cual se suelen utilizar cepas diferentes para conseguir una reacción más completa. Esta leche fermentada puede obtenerse a partir de cualquier tipo de leche, pero predomina la leche de vaca (Valencia, 2017, p.96).

El proceso de elaboración del yogur se remonta hace miles de años, a pesar de ello hasta el siglo XIX se desconocían muchas de las fases del proceso productivo, simplemente la receta para su elaboración era transmitida de generación en generación; sin embargo, durante estas últimas décadas, el proceso se ha sistematizado, a razón de los descubrimientos en diversas ciencias que tienen relación con los procesos de elaboración de productos alimentarios, tal como lo es la ingeniería química (Valencia, 2017, p.101).

La materia prima, aditivos y el proceso de elaboración determinan el tipo de yogur que se obtiene. Sin embargo, la finalidad es conseguir la mejor calidad del yogur elaborado, el cual se basa principalmente en dos aspectos, su inocuidad y sus características organolépticas. El cumplimiento de estos parámetros se logra mediante el control de cada una de las etapas del proceso de elaboración, desde la recepción de materia prima hasta la distribución y comercialización.

##### **2.2.4.1. *Aditivos para la elaboración de yogur***

#### **• Materia prima**

La materia prima utilizada para la elaboración de yogur según la FAO puede ser la leche de cualquier tipo con o sin adición de leche en polvo o suero, sin embargo, la que predomina es la leche de vaca (Huayta, 2015, p.34).

#### **• Ingredientes y aditivos autorizados**

Según la NTE INEN 2395, (2011) a las leches fermentadas se pueden añadir: azúcares o edulcorantes permitidos en la normativa correspondiente, además, frutas, pulpa de frutas, frutas secas y otros preparados elaborados a base de frutas. En el caso de yogur con trozos de fruta el contenido de fruta adicionada no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final (NTE INEN 2395, 2011, p.45).

En cuanto a los microorganismos utilizados para la fermentación láctica, base del proceso de elaboración de yogur, se emplean cultivos de microorganismos inocuos incluyendo los *Lactobacillus* y *Streptococcus* y según las características fisicoquímicas y propiedades probióticas que se desee proporcionar al producto, pueden agregarse otros microorganismos aptos e inocuos (Codex, 2011, p.97).

#### 2.2.4.2. Procedimiento para la elaboración de yogur

A continuación, se describen las operaciones unitarias incluidas en el proceso de elaboración de yogur.

- **Recepción de materia prima**

Durante la elaboración industrial de productos alimentarios de diverso origen, la primera etapa lo constituye la recepción de la materia prima, debido a esto es indispensable el control en esta etapa para asegurar la efectividad de las siguientes etapas del proceso. Las industrias emplean procesos que permiten confirmar el buen estado de la materia prima para emplearla en el proceso productivo o descartarla. Resulta indispensable que esta operación se realice minuciosamente con la finalidad de conseguir el máximo rendimiento y asegurar la calidad del producto terminado (Cortés, 2007 p. 167).

Para la elaboración de yogur, se realiza la recepción de leche cruda en tanques y mediante filtración se impide el paso de materiales extraños y contaminantes que se puedan presentar a causa del ordeño, manipulación o transporte de leche (Ortiz, 2005, p.16).

- **Control de calidad**

Mediante el control de calidad se puede verificar el estándar de la materia prima previo a su procesamiento y sirve para reducir la probabilidad de fallas durante las siguientes etapas. En la elaboración de yogur, previo a iniciar el proceso de transformación de la materia prima en el producto final, se realiza la caracterización fisicoquímica y microbiológica de una muestra de leche cruda (Perigo, 2016, p.24).

- **Estandarización**

La estandarización tiene como objetivo el aumento de sólidos totales en la leche, puede optarse por seguir distintas opciones, siendo la más tradicional y conocida el agregar leche en polvo hasta alcanzar el contenido de sólidos totales requerido (Huayllasaca, 2018, p.89).

- **Pasteurización**

El proceso de pasteurización es un tratamiento térmico de líquidos alimentarios incluida la leche y algunos productos lácteos con la finalidad de eliminar las bacterias presentes en ellos. A nivel industrial, se realiza mediante el empleo de equipos idóneos para este proceso como los intercambiadores de calor por placas. La pasteurización requiere un control minucioso para conseguir excluir cualquier agente infeccioso, y garantizar el mantenimiento de las propiedades y calidad de la leche.

Los factores claves de este proceso son la temperatura y el tiempo. La pasteurización de la leche se lleva a cabo a una temperatura que oscila entre los 55 y los 75 °C durante 18 segundos (Guaraca, 2019, p.56).

- **Enfriamiento**

El enfriamiento se realiza con la finalidad de conseguir una temperatura adecuada al momento de añadir el cultivo. Para esta etapa se emplea el fermentador, allí se enfría la leche pasteurizada por medio del serpentín interno hasta alcanzar una temperatura entre 40-45°C, temperatura óptima de crecimiento para microorganismos productores de yogur (Series Agroalimentarias, 2017, p.94).

- **Inoculación**

Se agregan los cultivos compuestos de las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaris*. Mediante agitación con el equipo adecuado, se efectuará una correcta distribución de los microorganismos (Quinzo, 2019, p.35).

- **Fermentación**

Tiene lugar en el fermentador a una temperatura de 45°C. La fermentación se da en un período entre 5 y 6 horas, tiempo necesario para la producción de ácido láctico por parte de los microorganismos (Tinoco, 2019, p.78).

- **Batido**

Posterior al enfriamiento se agrega el conservante, colorante y saborizante artificial en el mismo equipo, mediante agitación se homogeniza la mezcla hasta obtener un yogur de consistencia esperada (Coronel, 2018, p.23).

- **Empaque y Almacenamiento**

Finalmente, el yogur es envasado en recipientes plásticos previamente esterilizados y posteriormente almacenados en refrigeración a una temperatura de  $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  con el fin de extender su vida útil, el transporte hasta los locales de venta debe realizarse en las condiciones indicadas que garanticen el mantenimiento del producto. El uso de un adecuado empaque y almacenamiento del producto asegura la conservación de las características de inocuidad requeridas en productos alimenticios.

#### *2.2.4.3. Normativa para yogur*

La norma NTE INEN 2395:2011 establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas naturales destinadas al consumo directo, entre ellas el yogur; leches fermentadas con ingredientes y leches fermentadas tratadas térmicamente. Esta normativa no es aplicada a bebidas de leches fermentadas.

Se establece que la leche que se utilice para la elaboración de leches fermentadas debe cumplir con la NTE INEN 09, y posteriormente ser pasteurizada o esterilizada y debe ser manipulada en condiciones sanitarias según el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

En cuanto a su aspecto las leches fermentadas, deben ser homogéneas, el sabor y olor deben ser característicos del producto fresco, sin materias extrañas, de color blanco cremoso u otro propio, resultante del color de la fruta o colorante natural añadido, de consistencia pastosa; textura lisa y uniforme. Además, pueden agregarse, durante el proceso de fabricación, crema de leche, leche en polvo, leche evaporada, grasa y proteínas lácteas (NTE INEN 2395, 2011, p.39).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de estudio

El presente Trabajo de Integración Curricular denominado: “Diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur en la planta de acopio de leche San Rafael, cantón Guano”, resulta un proyecto de tipo técnico, ya que para su ejecución se ha realizado la revisión bibliográfica de fuentes confiables de información, la recolección de los datos necesarios para su desarrollo, la elección apropiada de variables, procesos y operaciones unitarias necesarias para la elaboración del yogur, tomando en cuenta los parámetros establecidos por la NTE INEN correspondiente a los requisitos de leche cruda y leches fermentadas según se requiera y finalmente se determina la viabilidad económica del proyecto para el centro de acopio.

#### 3.2. Métodos y Técnicas

##### 3.2.1. *Métodos*

La ejecución del presente proyecto técnico se lleva a cabo de una forma sistemática y organizada gracias a la metodología que se emplea, la cual consiste en un conjunto de fundamentos científicos, conocimientos, ensayos a escala de laboratorio y análisis aplicados a muestras seleccionadas, que permiten detallar los recursos que se disponen para realizar el diseño del proceso de elaboración del yogur, además de detallar los límites de la investigación.

Los objetivos planteados para este proyecto se consiguen debido a la aplicación de tres métodos principales, el deductivo, inductivo y experimental. Mediante los cuales se plantea de forma estructurada cada una de las etapas a ejecutar en el proyecto marcando los lineamientos de la metodología propuesta. A continuación, se presentan los métodos a ser empleados:

##### **Método deductivo**

Este método emplea los principios y antecedentes generales del tema en estudio para obtener explicaciones particulares y específicas sobre el mismo. Para el proyecto sobre el diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogur, se realiza como primera fase una consulta y revisión bibliográfica de las bases teóricas necesarias acerca de variables, operaciones unitarias y procesos industriales, cálculos de ingeniería, diseño de equipos, propiedades nutricionales, entre otros, con la finalidad de obtener óptimos resultados.

## **Método inductivo**

Este método parte de premisas particulares y específicas para obtener conclusiones generales. En este sentido, para la elaboración de yogur, previo a la transformación de leche cruda de vaca en el producto final, se realiza la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima para determinar su calidad, además, se ejecutan los cálculos específicos para establecer el diseño requerido y se determinarán las variables específicas que intervienen en el proceso.

## **Método experimental**

Este método tiene como base la experimentación, mediante el empleo de observación, manejo, registro y análisis de los parámetros de control y variables que intervienen en el proceso. La aplicación del método experimental en este proyecto destaca, sobre todo, en las pruebas a escala de laboratorio con el uso de equipos e instrumentos requeridos, además de emplear las correspondientes técnicas y normativas necesarias para la caracterización de la materia prima y finalmente del producto, los ensayos de laboratorio se realizarán en el laboratorio del Centro Experimental Tunshi, ESPOCH.

### **3.2.2. Técnicas**

El presente proyecto se ejecuta mediante el empleo de distintas técnicas durante la etapa experimental, la aplicación de las técnicas descritas en este documento permite la consecución de objetivos a través de la recolección de datos, el cumplimiento de procedimientos e información necesaria. Las técnicas y normativa requeridas en etapas específicas del proyecto provienen de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN, las cuales se describen a continuación.

#### **• Muestreo**

La recolección de muestras de leche cruda utilizada como materia prima y del yogur como producto final resultante del proceso, se realiza de acuerdo con la norma NTE INEN 0004:1984. Leche y productos lácteos. Requisitos (NTE INEN 0004, 1984, p.35).

#### **Muestreo de leche cruda**

La toma de muestra para realizar la caracterización de la materia prima se toma del tanque de recepción, según la normativa (NTE INEN 0004, 1984, p.46) se debe extraer una muestra del lote. Siguiendo los criterios expuestos en la tabla 1-3.

**Tabla 1-3:** Técnica para el muestreo de leche cruda

Unidades	Instrumental	Envase	Procedimiento
1	El instrumental empleado para recolección de muestras para análisis fisicoquímicos debe estar completamente limpio y seco. Para muestras destinadas a análisis microbiológicos debe ser limpio y seco. Además, debe estar adecuadamente esterilizado.	El envase destinado a contener la muestra de la leche cruda debe tener las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser de vidrio resistente a métodos de esterilización.</li> <li>• Forma y tamaños adecuados que permita la agitación.</li> <li>• Poseer cierre hermético.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclar completamente la leche cruda, mediante agitación.</li> <li>• Inmediatamente después tomar una muestra no menor a 200 cm<sup>3</sup> mediante un cucharón y transferirla a un envase adecuado.</li> <li>• La muestra destinada al laboratorio debe ser enviada tan pronto como sea obtenida, tomando precauciones durante el transporte para que no haya exposición directa a la luz y para que la temperatura no sea menor a 0 °C ni mayor de 10 °C.</li> </ul>

Fuente: NTE INEN,1984.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### Muestreo de yogur

La toma de muestra para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del yogur, como producto terminado, se obtiene del total de unidades producidas. Según la normativa NTE INEN 0004, (1984) para una producción de menos de 100 unidades se debe extraer una sola unidad de muestreo. Siguiendo los criterios expuestos en la tabla 2-3 (NTE INEN,1984, p.55).

**Tabla 2-3:** Técnica para el muestreo de yogur

Unidades	Instrumental	Envase	Procedimiento
1	El instrumental empleado para la mezcla y extracción del producto debe ser de acero inoxidable o aluminio de preferencia, para análisis fisicoquímico debe estar completamente limpio y seco, al igual que para muestras destinadas a análisis microbiológico. En este caso, además, deber estar adecuadamente esterilizado.	El envase destinado a contener la muestra del yogur debe tener las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ser de vidrio resistente a métodos de esterilización.</li> <li>• Forma y tamaños adecuados que permita la agitación.</li> <li>• Poseer cierre hermético.</li> </ul>	Si el producto es yogur: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mezclar completamente el producto trasvasándolo varias veces de un recipiente a otro.</li> <li>• Tomar una unidad de muestreo no menor a 200 cm<sup>3</sup> y colocar en el envase adecuado.</li> </ul>

Fuente: NTE INEN, 1984.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**• Caracterización de materia prima**

La norma NTE INEN 9, (2012) establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda destinada al procesamiento. En las tablas 3-3 y 4-3 se detallan los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que la leche cruda debe cumplir, mediante los métodos que se encuentran en las normativas ecuatorianas correspondientes (NTE INEN 9, 2012, p.57).

**Tabla 3-3:** Requisitos fisicoquímicos de leche cruda

<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>Método</b>
Densidad relativa: a 15 °C a 20 °C	-	1,029 1,028	1,033 1,032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	3,0	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	8,2	-	-
Cenizas	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	0,65	-	NTE INEN 14
Proteínas	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	2,9	-	NTE INEN 16

Fuente: NTE INEN, 2012.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 4-3:** Requisitos microbiológicos para leche cruda

<b>Requisito</b>	<b>Límite máximo</b>	<b>Ensayo</b>
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529-5

Fuente: NTE INEN, 2012.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

A continuación, se detallan las técnicas utilizadas para la caracterización de la materia prima.

**Tabla 5-3:** Técnicas para la caracterización fisicoquímico de la materia prima (leche cruda)

Criterio	Fundamento	Método	Materiales y reactivos	Procedimiento
<p>Densidad relativa a 15 °C a 20 °C</p>	<p>Esta norma establece los métodos para determinar la densidad relativa de la leche.</p>	<p>NTE INEN 11</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método del Picnómetro</li> <li>• -Picnómetro de 50 cm<sup>3</sup>.</li> <li>• -Termómetro. Graduado en grados Celsius y con divisiones de 0.1° o 0.2°C</li> <li>• -Baño de agua, con regulador de temperatura, ajustado a 20° más/ menos 0.5°C</li> <li>• -Balanza analítica, sensible al 0.1mg.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Método del Picnómetro</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar al miligramo el picnómetro completamente limpio y seco. Posteriormente sumergirlo en un baño de agua a una temperatura de 20° más/ menos 0.5°C durante 30 min</li> <li>• Extraer el picnómetro del baño, secarlo, enfriarlo a temperatura ambiente, pesarlo al miligramo</li> <li>• Calcular la masa de agua contenida en el picnómetro restando la masa del picnómetro vacío</li> <li>• Secar cuidadosamente el picnómetro, llenar el picnómetro con la muestra evitando la formación de burbujas de aire, sumergirlo en un baño de agua a una temperatura de 20° más/ menos 0.5°C durante 30 min</li> <li>• Extraer el picnómetro del baño, secarlo, enfriarlo a temperatura ambiente, pesarlo al miligramo</li> </ul> <p><b>Cálculos:</b> Se calcula mediante la siguiente ecuación.</p> $d_{20} = \frac{m_3 - m_2}{m_1}$ <p>Siendo: d<sub>20</sub> = densidad relativa 20/20°C. m<sub>1</sub> = masa de agua a 20°C.</p>

				$m_2$ = masa del picnómetro vacío en gramos. $m_3$ = masa del picnómetro con la leche en g
Materia grasa	<p>Esta norma tiene como finalidad establecer los métodos para determinar el contenido de grasa en la leche, expresada en porcentaje de masa, de sustancias, especialmente grasas extraídas de la leche mediante procedimientos normalizados.</p>	<p>NTE INEN 12 (Método de Gerber)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipeta aforada de 10 cm<sup>3</sup></li> <li>• Pipeta aforada de 1 cm<sup>3</sup></li> <li>• Pipeta aforada de 10,94 cm<sup>3</sup></li> <li>• Burímetros de Gerber</li> <li>• Centrífuga</li> <li>• Baño de agua con regulador de temperatura</li> <li>• Baño maría</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Alcohol amílico</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe utilizarse el butirómetro de Gerber para leche.</li> <li>• Verter 10 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico en el butirómetro, cuidando de no humedecer con ácido el cuello.</li> <li>• Invertir 3 o 4 veces la botella que contiene la muestra, y pipetear 10,94 cm<sup>3</sup> de leche, dejar transcurrir 3 segundos y frotar la punta de la pipeta contra la base del cuello del butirómetro.</li> <li>• Verter 1 cm<sup>3</sup> de alcohol amílico en el butirómetro.</li> <li>• Tapar herméticamente el cuello del butirómetro y agitar en una vitrina de protección.</li> <li>• Después de la agitación, centrifugar el butirómetro, una vez alcanzada la velocidad necesaria continuar con la centrifugación entre 4 y 5 minutos.</li> <li>• Retirar de la centrífuga el butirómetro, colocarlo en el baño de agua con la tapa hacia abajo, manteniendo la columna de grasa completamente sumergida.</li> <li>• Antes de proceder a la lectura, colocar el nivel de separación entre el ácido y la columna de grasa. Leer las medidas correspondientes a la parte inferior del menisco de grasa.</li> </ul>

<p>Acidez titulable como ácido láctico</p>	<p>Esta norma establece el método para determinar la acidez titulable de la leche, que es la acidez, expresada convencionalmente como contenido de ácido láctico, y determinada mediante procedimientos normalizados.</p>	<p>NTE INEN 13</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Matraz Erlenmeyer</li> <li>• Matraz aforado</li> <li>• Bureta</li> <li>• Estufa</li> <li>• Desecador</li> <li>• Solución 0,1N de hidróxido de sodio</li> <li>• Agua destilada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La determinación se realiza por duplicado sobre la misma muestra preparada.</li> <li>• Lavar cuidadosamente y secar el matraz Erlenmeyer en la estufa a 103°C durante 30 minutos. Dejar enfriar en el desecador y pesar</li> <li>• Invertir 3 o 4 veces la botella que contiene la muestra preparada, transferir al matraz Erlenmeyer y pesar aproximadamente 20 g de la muestra.</li> <li>• Diluir el contenido del matraz con un volumen dos veces mayor de agua destilada y agregar 2 cm<sup>3</sup> de solución indicadora de fenolftaleína.</li> <li>• Agregar lentamente y con agitación la solución de 0,1N de hidróxido de sodio hasta conseguir un rosado persistente que lentamente desaparece.</li> <li>• Continuar agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30s.</li> <li>• Leer en la bureta el volumen de solución empleada, con aproximación a 0,05cm<sup>3</sup>.</li> </ul> <p><b>Cálculos:</b></p> <p>La acidez titulable de la leche se calcula mediante la siguiente ecuación:</p> $A = 0,090 \frac{VxN}{m_1 - m} x 100$
--	---	------------------------	--	---

				<p>Siendo:</p> <p>A: acidez titulable de la leche, en porcentaje en masa de ácido láctico</p> <p>V: volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup></p> <p>N: normalidad de la solución de hidróxido de sodio</p> <p>m: masa del matraz Erlenmeyer vacío, en g.</p> <p>m<sub>1</sub>: masa del matraz Erlenmeyer con la leche, en g.</p> <p>El porcentaje de acidez titulable debe calcularse con aproximación de milésimas.</p>
Sólidos totales y Cenizas	Esta norma establece el método para determinar el contenido de sólidos totales y cenizas de la leche cruda.	NTE INEN 14	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Capsula de platino o de otro material inalterable a las condiciones del ensayo</li> <li>• Baño María</li> <li>• Estufa con regulador de temperatura</li> <li>• Desecador con cloruro de calcio u otro deshidratante</li> <li>• Mufla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La determinación realizar por duplicado sobre la misma muestra preparada</li> <li>• Lavar cuidadosamente y secar las capsulas en la estufa a 103° más/ menos 2°C durante 30 min</li> <li>• Invertir tres o cuatro veces la botella que contiene la muestra preparada, transferir inmediatamente a la capsula aproximadamente con 5 g de muestra</li> <li>• Dejar enfriar la capsula en el desecador y pesar. Repetir el calentamiento por periodos de 30 min enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.</li> <li>• Colocar la capsula cerca de la puerta de la mufla para evitar pérdidas por proyección de material.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introducir la capsula en la mufla a 530° más/ menos 20°C hasta obtener cenizas libres de partículas de carbón.</li> <li>• Sacar la capsula dejar enfriar en el desecador y pesar. Repetir el calentamiento por periodos de 30 min enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa.</li> </ul> <p><b>Cálculos:</b></p> <p>El contenido de solidos totales de la leche se calcula:</p> $s = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \times 100$ <p>Siendo:</p> <p>S =Contenido de solidos totales.  m<sub>2</sub>=masa de capsula con leche.  m =Masa de capsula vacía.  m<sub>1</sub>=masa de solidos totales.</p>
Proteína láctea, % (m/m)(1)	Esta norma establece el método para determinar el contenido de proteínas de la leche, que es la cantidad de nitrógeno total expresada como	NTE INEN 16	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destilador Kjeldahl o Mineralizador</li> <li>• Sulfato de potasio</li> <li>• Óxido de cobre o sulfato de cobre cristalizado.</li> <li>• Cinc granulado</li> <li>• Ácido sulfúrico</li> <li>• Núcleos de ebullición</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesar aproximadamente 5 g de muestra.</li> <li>• Transferir la muestra al matraz Kjeldahl y agregar el catalizador, formado por 0,7g de óxido de mercurio y 15g de sulfato de potasio en polvo.</li> <li>• Agregar 25 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico concentrado.</li> <li>• Agitar el matraz y colocarlo en forma inclinada en la hornilla del aparato de Kjeldahl, calentar suavemente durante 30 minutos y dejar enfriar.</li> </ul>

	<p>contenido de proteínas y mediante procedimientos normalizados.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador fenolftaleína rojo de metilo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar 200cm<sup>3</sup> de agua destilada, enfriar la mezcla y dejar enfriar, agregar 25 cm<sup>3</sup> de la solución de sulfuro alcalino.</li> <li>• Verter por las paredes del matraz 50 cm<sup>3</sup> de solución concentrado de hidróxido de sodio.</li> <li>• Conectar el matraz Kjeldahl al condensador mediante la ampolla de destilación, el extremo de la salida del condensador debe estar sumergido en 50 cm<sup>3</sup> de la solución 0,1N de ácido sulfúrico contenido en el matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> al cual se ha agregado unas gotas de la solución alcohólica del rojo de metilo.</li> <li>• Agitar el matraz hasta mezclar completamente su contenido y luego calentarlo.</li> <li>• Destilar hasta que todo el amoniaco haya pasado a la solución ácida contenida en el matraz Erlenmeyer.</li> <li>• Usando la solución 0,1N de hidróxido de sodio titular el exceso de ácido contenido en el matraz Erlenmeyer.</li> </ul> <p><b>Cálculos:</b></p> $P = (1,40)(6,38) \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) - (V_3 N_1 - V_4 N_2)}{m}$ <p>Donde:</p> <p>P: contenido de proteína en la leche, en porcentaje de masa.</p>
--	---	--	--	---

				<p>V<sub>1</sub>: volumen, en cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado de la muestra.</p> <p>N<sub>1</sub>: normalidad de la solución de ácido sulfúrico.</p> <p>V<sub>2</sub>: Volumen de la solución de hidróxido de sodio.</p> <p>N<sub>2</sub>: normalidad de la solución de hidróxido de sodio.</p> <p>V<sub>3</sub>: volumen de la solución de ácido sulfúrico empleado para recoger el destilado del ensayo en blanco.</p> <p>V<sub>4</sub>: volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación del ensayo en blanco.</p> <p>m: masa de la muestra de la leche, en g.</p>
--	--	--	--	--

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

• **Análisis del yogur**

La Norma NTE INEN 2395, (2011) establece los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos para leches fermentadas, en las cuales se incluye el yogur. En las tablas 9-3, 10-3 y 11-3 se detallan los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos que el yogur debe cumplir, mediante los métodos que se encuentran en las normativas ecuatorianas correspondientes (NTE INEN 2395, 2011, p.42).

**Tabla 6-3:** Requisitos fisicoquímicos para yogur

Requisitos	Mín. %	Máx. %	Método
Contenido de grasa	2,5	-	NTE INEN 12
Proteína, % m/m	2,7	-	NTE INEN 16
Alcohol etílico, % m/v	0,5	1,5	NTE INEN 379
Presencia de adulterantes	Negativo	Negativo	NTE INEN 1500

Fuente: NTE INEN 2395, 2011.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 7-3:** Cantidad de microorganismos específicos en yogur

Microorganismo	Concentración mínima (UFC/g)
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para cada producto	$10^7$
Bacterias probióticas	$10^6$

Fuente: NTE INEN 2395, 2011.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 8-3:** Requisitos microbiológicos para yogur

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7
Recuento de E. coli, UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10

Fuente: NTE INEN 2395, 2011.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

Las técnicas empleadas para el contenido de grasa y proteína están detalladas en la tabla 8-3. A continuación, se detallan el resto de las técnicas utilizadas para los análisis fisicoquímicos del producto terminado.

**Tabla 9-3:** Técnicas para los análisis fisicoquímicos del yogur

Criterio	Fundamento	Método	Materiales y Reactivos	Procedimiento
Alcohol etílico, % m/v	Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar el contenido de alcohol etílico, mediante la destilación del alcohol etílico para transformarlo en acetaldehído y determinar su contenido mediante titulación.	NTE INEN 379	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo para destilación. Matraz volumétrico de 50 cm<sup>3</sup>, con tapa de caucho perforada y termómetro.</li> <li>• Refrigerante Liebig de tamaño acorde con el matraz y tubo de vidrio colector de destilados.</li> <li>• Pipeta volumétrica, de 10 cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Reverbero eléctrico, u otra fuente calórica adecuada.</li> <li>• Matraz. Erlenmeyer, de 500 cm<sup>3</sup>.</li> <li>• Solución 0,01667 N de bicromato de potasio.</li> <li>• Ácido sulfúrico, reactivo para análisis.</li> <li>• Solución al 5% de yoduro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La determinación debe realizarse por duplicado sobre la misma muestra.</li> <li>• Homogeneizar la muestra cuidadosamente, diluyéndola hasta cinco veces su volumen con agua destilada.</li> <li>• Tomar, mediante una pipeta, 10 cm<sup>3</sup> de la solución de muestra y colocar en el matraz para destilación.</li> <li>• Colocar, en el tubo colector de destilados, 20 cm<sup>3</sup> de la solución 0,01667 N de bicromato de potasio y 10 cm<sup>3</sup> de ácido sulfúrico.</li> <li>• Inmediatamente proceder a destilar el contenido del matraz, hasta que el volumen se reduzca aproximadamente a la mitad, recogiendo en el tubo colector.</li> <li>• Transferir el contenido del tubo colector a un matraz Erlenmeyer de 500 cm<sup>3</sup> y diluir hasta 250 cm<sup>3</sup> con agua destilada.</li> <li>• Añadir 10 cm<sup>3</sup> de la solución al 5% de yoduro de potasio y titular cuidadosamente con la solución 0,1 N de tiosulfato de sodio, hasta</li> </ul>

			<p>de potasio, reactivo para análisis.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución 0,1 N de tiosulfato de sodio.</li> </ul>	<p>que el color verde- amarillento se transforme en verde azulado</p> <p><b>Cálculos:</b></p> <p>El contenido de alcohol etílico en conservas vegetales se determina mediante la ecuación siguiente:</p> $A = 0,0072 (20-V)$ <p>Siendo:</p> <p>A = contenido de alcohol etílico, en porcentaje de volumen.</p> <p>V = volumen de solución 0,1 N tiosulfato de sodio utilizado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.</p>
Presencia de adulterantes	Esta norma establece los métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad de la leche y productos lácteos. Se considera que la leche o derivados lácteos ha sido adulterada cuando se ha añadido	NTE INEN 1500	<p><b>Presencia de harinas y almidones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubos de ensayo de 20 cm<sup>3</sup></li> <li>• Pipetas graduadas de 1 y 10 cm<sup>3</sup></li> <li>• Baño de agua con temperatura controlada</li> <li>• Reactivos. Solución Lugol o tintura de yodo</li> </ul>	<p><b>Procedimiento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pipetear en un tubo de ensayo 10 cm<sup>3</sup> de leche, calentar hasta ebullición en el baño de María hirviente y mantener el calentamiento por 5 min. Enfriar en agua corriente y adicionar 5 gotas de la solución de Lugol o tintura de yodo.</li> </ul>

	<p>espesantes como productos feculentos (harina o almidones, claro de maíz, etc.), soluciones azucaradas o soluciones salinas, etc., con el propósito de mantener la densidad en los rangos señalados, cuando se agua y así evitar su rápida detección.</p>			<p><b>Expresión de los resultados.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se observa una coloración azul, indica la presencia de almidón o harina. Reportar el resultado como positivo.</li> </ul>
--	---	--	--	---

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### **3.3. Parte experimental**

#### **3.3.1. Caracterización fisicoquímica de leche cruda**

En primer lugar, se requiere obtener muestras idóneas de materia prima para llevar a cabo los análisis fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normativa correspondiente. Con esta finalidad se realiza el muestreo de leche cruda de vaca, a continuación, las muestras obtenidas se someten a los análisis de laboratorio requeridos en la norma.

##### *3.3.1.1. Descripción de la toma de muestra de leche cruda*

Se procede al muestreo de la leche cruda de vaca que será empleada como materia prima en el proceso de elaboración de yogur, esta toma de muestra se realiza en las instalaciones del centro de acopio “San Rafael”, según la normativa NTE.INEN 004:1984 Leche y productos lácteos. Muestreo, en la cual se indica el volumen mínimo de muestra para leche o productos lácteos líquidos para ensayos que es de 200 cm<sup>3</sup>, en la misma normativa se establece que para unidades voluminosas con un tamaño de lote de dos a cinco se requieren dos muestras, esto debido a que en el centro de acopio existen cinco diferentes reservorios para almacenamiento de la leche que diferentes productores entregan en la planta (NTE INEN 004, 1984, p.39).

##### *3.3.1.2. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de materia prima*

Se efectúa la caracterización fisicoquímica y microbiológica de las muestras de leche de vaca cruda obtenidas en el centro de acopio “San Rafael” como paso previo a emplear la leche cruda como materia prima para la elaboración de yogur, los análisis se realizan en base a los requisitos y parámetros establecidos en la NTE INEN 09:2008; Leche cruda. Requisitos.

#### **3.3.2. Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de yogur**

Para la elaboración de yogur a escala de laboratorio se requiere que la materia prima a emplear cumpla con los parámetros establecidos en la normativa correspondiente, una vez obtenidos los valores dentro de los límites permisibles se asegura la calidad de la leche cruda para su posterior procesamiento mediante los debidos ensayos que se detallan a continuación.

### 3.3.2.1. Requerimientos de Materiales, Equipos y Reactivos

Para la elaboración de yogur a escala de laboratorio, se emplean diferentes tipos de materiales, equipos y reactivos, los cuales se describen en la tabla 10-3 y tabla 11-3.

**Tabla 10-3:** Materia prima e insumos

<b>Materia prima o reactivo</b>	<b>Descripción</b>
Leche cruda de vaca	Leche cruda, que conserva las características naturales debido a no haber sido sometida a ningún tipo de calentamiento, es decir es la leche empleada inmediatamente después de ser extraída de la ubre (no más de 40°C).
Leche en polvo	Producto obtenido a partir de la eliminación parcial del agua de constitución de la leche de vaca.
Azúcar	Producto que se constituye principalmente por sacarosa, extraído por lo general de la caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) o de la remolacha azucarera ( <i>Beta Vulgaris L.</i> ).
Cultivo de bacterias (Streptococcus thermophilus y Lactobacillus bulgaricus)	Bacterias ácido-lácticas que son ampliamente utilizadas en la fermentación de la leche.
Sorbato de potasio	Una sal de ácido sórbico que se utiliza como conservante en la mayoría de los alimentos, ya que inhibe el crecimiento de moho.
Saborizante artificial	Son compuestos químicos sintetizados, que no son de origen animal o vegetal, empleados por sus propiedades aromáticas, preparados para el consumo humano.
Colorante artificial	Aditivos alimentarios que se emplean para proveer color a los alimentos, se denominan artificiales cuando se añaden al algún alimento durante su procesamiento.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 11-3:** Materiales y equipos

<b>Equipo, material o reactivo</b>	<b>Descripción</b>
Reactor para yogur	Recipiente en el cual existen ciertas condiciones controladas que permiten que se genere una reacción mediante la cual los organismos vivos o sustancias bioquímicamente activas se desarrollan.
Cámara de refrigeración	Reservorio para el suero de leche a utilizar en el proceso.
pH metro	Instrumento que sirve para medir la actividad del ion hidrógeno en soluciones acuosas que se expresa como pH, indicando el grado de acidez o alcalinidad.
Viscosímetro	Aparato que detecta la viscosidad de diferentes fluidos.
Estufa	Equipo de laboratorio utilizado para secar o esterilizar los recipientes empleados en el laboratorio.
Balanza digital	Equipo para pesar pequeñas cantidades de material o reactivo.
Reverbero	Aparato muy utilizado para el calentamiento, de forma especial, el de líquidos. Por lo general, están provistos de un graduador de temperatura y un solo plato.
Varilla de agitación	Fina varilla de vidrio macizo, que se emplea principalmente para homogenizar sustancias.
Vidrio de reloj	Es un vidrio redondo convexo que permite contener las sustancias.
Espátula	Se utiliza para tomar pequeñas cantidades de compuestos que son, básicamente, polvo. Se suele clasificar dentro del material de metal.
Pipeta volumétrica	Instrumento utilizado para dosificar líquidos.
Papel aluminio	Es una lámina muy fina de aluminio con un grosor inferior a 0,2mm; las hay por debajo de los 0,006mm.
Tela para filtro	Fibra empleada para separar partículas sólidas de líquidos.
Vasos de precipitación	Recipiente cilíndrico de vidrio fino que se utiliza en el laboratorio, para preparar, calentar, medir o traspasar líquidos.
Termómetro	Instrumento empleado para medir la temperatura.
Cofia, guantes, mascarilla	Artículos de seguridad para la manipulación de alimentos en la industria.
Cuchillo	Instrumento utilizado para cortar.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.3.2.2. Descripción del proceso a escala de laboratorio

Durante los ensayos a escala de laboratorio se emplearon dos formulaciones para después de un análisis en cuanto a características organolépticas y rendimiento se determine la más apropiada.

**Tabla 12-3:** Formulaciones para ensayos de laboratorio

<b>Componente</b>	<b>Formulación 1</b>	<b>Formulación 2</b>
Leche cruda	15 L	15 L
Leche en polvo	308.7 g	463.05 g
Azúcar	1389.15 g	1543.5 g
Cultivo	3 g	3 g
Sorbato de potasio	7.5 g	7.5 g
Colorante artificial	2 g	2 g
Saborizante artificial	2 ml	2 ml

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

En la tabla 12-3 se establecen las cantidades empleadas tanto de la materia prima como de otros aditivos que se requieren para la elaboración de yogur, describiendo las dos formulaciones, que posteriormente permiten seleccionar la cantidad idónea de cada uno de los componentes a emplear. A continuación, se describe cada etapa del proceso de elaboración de yogur a escala de laboratorio.

#### • **Recepción de materia prima**

La leche cruda de vaca empleada como materia prima es recolectada y transportada desde la planta de acopio de leche “San Rafael” hasta el laboratorio en el cual será procesada. Se recolectan 15 L, en recipientes de aluminio, limpios y secos. Previo a su procesamiento se realiza su filtración mediante un lienzo, con la finalidad de eliminar objetos extraños e impurezas que pudieran encontrarse.



**Figura 1-3:** Filtración de leche cruda

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Control de calidad**

Se realiza el control de calidad de la leche cruda, ejecutando el muestreo según la NTE INEN 4, 1984. Leche y productos lácteos, muestreo, para realizar los análisis de caracterización fisicoquímica y microbiológica de leche cruda de vaca, establecidos en la NTE INEN 9, 2008. Leche cruda. Requisitos. Además de realiza la medición de pH y control de temperatura obteniendo 6,5 y 18 °C respectivamente. Según los resultados obtenidos en esta etapa se acepta o rechaza la leche cruda para continuar con su procesamiento.



**Figura 2-3:** Toma de temperatura de la leche

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Estandarización**

Durante esta etapa se lleva a cabo el aumento de sólidos totales en la leche, mediante la adición de leche en polvo a la leche cruda una vez esta haya alcanzado los 32 °C. Después de cinco minutos cuando alcance los 36 °C se agrega el azúcar.



**Figura 3-3:** Adición de leche en polvo

Realizado por: Shagñay, H. 2022.



**Figura 4-3:** Adición de azúcar

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### • Pasteurización

La pasteurización es la etapa que se lleva a cabo con la finalidad de eliminar o disminuir una gran parte de los microorganismos contenidos en la leche, dando lugar al crecimiento de microorganismos productores de yogur. Este tratamiento térmico se realiza a 80°C, manteniendo esta temperatura durante 10 minutos.



**Figura 5-3:** Pasteurización de la leche

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Enfriamiento**

Se realiza el enfriamiento de la leche, mediante una recirculación de agua fría, con la finalidad de alcanzar la temperatura idónea para el desarrollo de los microorganismos, lo cual ocurre a un valor de 45°C



**Figura 6-3:** Enfriamiento de la leche

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Inoculación**

Se agrega el cultivo de las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, agitando bien para asegurar una distribución adecuada de los microorganismos.



**Figura 7-3:** Cultivo de bacterias

Realizado por: Shagñay, H. 2022.



**Figura 8-3: Inoculación**

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Fermentación**

Se mantiene a una temperatura de 45 °C durante 10 minutos y posteriormente se apaga el reactor, asegurándose de taparlo adecuadamente para dejarlo reposar a temperatura ambiente durante 10 horas, lo que permitirá su fermentación.



**Figura 9-3: Fermentación del yogur**

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Enfriamiento**

Esta etapa se realiza para detener la actividad de los microorganismos y evitar la sobreacidificación, además se mide el pH obteniendo un valor de 4.5.

- **Batido**

En esta etapa posterior al enfriamiento se agrega el conservante, colorante y saborizante artificial, mediante agitación se homogeniza la mezcla hasta obtener un yogur de consistencia esperada.



**Figura 10-3:** Batido de yogur

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

- **Envasado y almacenamiento**

En la última etapa, el yogur se envasa en frascos plásticos previamente esterilizados y son almacenados en refrigeración.



**Figura 11-3:** Envasado del yogur

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.3.3. *Variables y parámetros de proceso*

Después de los ensayos realizados a escala de laboratorio para la elaboración de yogur, en la tabla 13-3 se detallan los parámetros y variables a controlar durante el proceso.

**Tabla 13-3:** Variables y parámetros a controlar en el proceso

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Variable</b>	<b>Método</b>	<b>Punto de control</b>	<b>Criterio</b>
Control de calidad de materia prima	pH	Potenciómetro	6,4 - 6,5	pH al que debe encontrarse la leche antes de su procesamiento.
	Temperatura	Termómetro	18 °C	Leche a temperatura ambiente.
Estandarización	Temperatura	Termómetro	32 °C	Temperatura de la leche para la adición de leche en polvo.
	Temperatura	Termómetro	36 °C	Temperatura de la leche para la adición de azúcar.
Pasteurización	Temperatura	Termómetro	80 °C	Punto de ebullición del suero de leche.
	Tiempo	Cronómetro	10 min	Tiempo que debe permanecer en la fuente de calor una vez empiece a ebullición.
Enfriamiento	Temperatura	Termómetro	45 °C	Temperatura a la que se enfría la leche y es óptima para el desarrollo de los microorganismos.
Inoculación	Cultivo de bacterias	Balanza analítica	3 g	Cantidad de cultivo de bacterias ( <i>Streptococcus thermophilus</i> y <i>Lactobacillus bulgaricus</i> ).
Fermentación	Temperatura <sub>1</sub>	Termómetro	45 °C	Temperatura a la que se mantiene la leche al inicio de la etapa de fermentación.
	Tiempo <sub>1</sub>	Cronómetro	10 min	Tiempo al que se mantiene la leche a 45 °C al inicio de la etapa de fermentación.
	Temperatura <sub>2</sub>	Termómetro	17 - 18 °C	Temperatura ambiente a la que se encuentra la leche durante la fermentación.
	Tiempo <sub>2</sub>	Cronómetro	10 h	Tiempo al que se mantiene la leche durante su fermentación.

Enfriamiento	Temperatura	Termómetro	4°C	Temperatura a la que el yogur obtenido se conserva.
	pH	Potenciómetro	4,5	pH al que debe encontrarse el yogur después de su procesamiento.
Batido	Conservante	Balanza analítica	7,5 g	Cantidad de conservante a añadir posterior al batido.
	Colorante	Balanza analítica	2 g	Cantidad de colorante a añadir posterior al batido.
	Saborizante	Pipeta volumétrica	2 ml	Cantidad de saborizante a añadir posterior al batido.
Envasado y almacenamiento	Temperatura	Termómetro	4°C	Temperatura de almacenamiento del yogur.

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.3.4. Formulación del yogur

Una vez realizados los ensayos de laboratorio para el desarrollo del proceso de elaboración de yogur, se obtienen dos formulaciones debido a que se utilizan distintas cantidades de los insumos durante la etapa de estandarización y batido, con el objetivo de encontrar la formulación idónea que garantice la calidad y rendimiento del yogur. En la tabla 14-3 se describe cada formulación. Se calcula el rendimiento de cada formulación mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} * 100$$

**Tabla 14-3:** Rendimiento de la formulación obtenida en los ensayos de laboratorio

Leche cruda de vaca (L)	Leche en polvo (g)	Azúcar (g)	Cultivo (g)	Sorbato de potasio (g)	Colorante (g)	Saborizante (ml)	Yogur obtenido (ml)	Rendimiento (%)
15	308,7	1389.15	2	7,5	2	2	16,2	70%
15	463.05	1543.5	3	7,5	2	2	17,4	90%

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Al contrastar el rendimiento obtenido en las dos formulaciones se determina que el yogur elaborado mediante la primera formulación resulta con un rendimiento menor al obtenido en la segunda formulación. Además, durante los ensayos de laboratorio realizados con la primera formulación las características como textura y sabor no fueron las deseables, mientras que el yogur elaborado con la

segunda formulación presenta características organolépticas adecuadas, entre ellas: olor, textura y sabor característico de este derivado lácteo. Debido a este análisis se elige esta segunda formulación como la más idónea para a partir de ella realizar el desarrollo de cálculos necesarios para el diseño del proceso de elaboración de yogur a escala industrial.

### 3.4. Cálculos

#### 3.4.1. Datos adicionales

Una vez realizados los ensayos de laboratorio y elegida la formulación a utilizar para la elaboración de yogur, se efectúan los cálculos requeridos para diseñar el proceso a nivel industrial. Para llevar a cabo los cálculos necesarios se requieren los datos adicionales descritos en la tabla 15-3.

**Tabla 15-3:** Datos adicionales requeridos

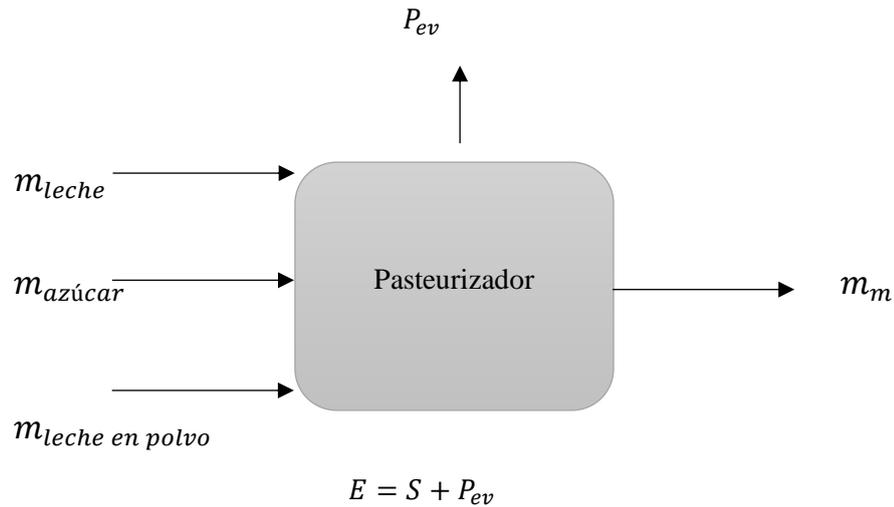
Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$\rho$ leche	Densidad de la leche	1030	Kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ yogur	Densidad del yogur	1090	Kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ acero	Densidad del acero	7930	Kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ azúcar	Densidad del azúcar	1590	Kg/m <sup>3</sup>
$\rho$ leche en polvo	Densidad de la leche en polvo	550	Kg/m <sup>3</sup>
$h_1$	Altura del pasteurizador	0,72	M
$r_1$	Radio del pasteurizador	0,42	M
$k_a$	Conductividad térmica del acero	16,3	W/m. °C
$g$	Gravedad	9,8	m/s <sup>2</sup>
$\mu$ yogur	Viscosidad del yogur	1,942	Kg/m. s
$C_p$ 1-45°C	Capacidad calorífica de la leche a 45°C	3,91	KJ/Kg. °C
$C_p$ 1-80°C	Capacidad calorífica de la leche a 80°C	3,92	KJ/Kg. °C
$C_p$ yogur	Capacidad calorífica del yogur a 20°C	3,85	J/Kg. °C
$\Delta\bar{H}^\circ_{fC_6H_{12}O_6}$	Entalpia de formación de la glucosa	1261,5	KJ/mol
$\Delta\bar{H}^\circ_{fC_3H_6O_3}$	Entalpia de formación del ácido láctico	694,51	KJ/mol
$M_{C_6H_{12}O_6}$	Peso molecular de la glucosa	180	Kg/mol
$Pr$	Numero de Prandlt	7,51	-
$\sigma$	Constante de Stefan Boltzman,	5,67 <sup>^</sup> 10-8	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>
$\epsilon_{acero}$	Emisividad del acero	0,28	°C -1
$\epsilon_{poliuretano}$	Emisividad del poliuretano	0,9	°C -1
$k_{poliuretano}$	Conductividad térmica de la espuma de poliuretano	0,023	W/m. °C

Realizado por: Shagnay, H. 2022.

### 3.4.2. Balance de masa

Se requiere realizar los cálculos necesarios en el balance de masa para el diseño de los equipos que se deba implementar en el centro de acopio de leche para el procesamiento de yogur y para la posterior evaluación de los costos involucrados.

#### • Pasteurizador



Donde:

E = Entrada

S = Salida

$P_{ev}$  = Pérdida por evaporación

#### Masa de la mezcla

$$\begin{aligned} m_m &= m_{leche} + m_{azúcar} + m_{leche\ en\ polvo} \\ m_m &= 1500\ kg + 154,35\ kg + 46,305\ kg \\ m_m &= 1745,655\ kg \end{aligned}$$

#### Volumen de la mezcla

$$\begin{aligned} V_m &= V_{leche} + V_{azúcar} + V_{leche\ en\ polvo} \\ V_m &= 1,5\ m^3 + 0,097\ m^3 + 0,0842\ m^3 \\ V_m &= 1,68\ m^3 \end{aligned}$$

#### Densidad de la mezcla

$$\begin{aligned} \rho_m &= \frac{m_m}{V_m} \\ \rho_m &= \frac{1745,655\ kg}{1,68\ m^3} \\ \rho_m &= 1039,08\ \frac{kg}{m^3} \end{aligned}$$

En los ensayos de laboratorio se determina que durante la etapa de pasteurización se genera una pérdida por evaporación, la cual constituye el 10% del volumen total.

$$P_{ev} = V_m * \%$$

$$P_{ev} = 1,68 \text{ m}^3 * 10\%$$

$$P_{ev} = 0,168 \text{ m}^3$$

$$m_{ev} = \rho_m * P_{ev}$$

$$m_{ev} = 1039,08 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,168 \text{ m}^3$$

$$m_{ev} = 174,57 \text{ kg}$$

Después de realizar los cálculos necesarios se establece el balance de masa en el pasteurizador.

$$E = S + P_{ev}$$

$$E = 1745,655 \text{ kg}$$

$$S = E - P_{ev}$$

$$S = 1745,655 \text{ kg} - 174,57 \text{ kg}$$

$$S = 1571,085 \text{ kg}$$

#### • Fermentador



Durante los ensayos de laboratorio en la etapa de fermentación no se evidencian pérdidas de masa, por lo tanto:

$$E = S$$

$$S = m_m + m_{cultivo} + m_{colorante} + m_{saborizante} + m_{conservante}$$

$$S = 1571,085 \text{ kg} + 0,3 \text{ kg} + 0,2 \text{ kg} + 0,2 \text{ kg} + 0,75 \text{ kg}$$

$$S = 1572,54 \text{ kg}$$

#### Rendimiento del proceso

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Kg yogurt}}{\text{Kg materia prima}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1572,54}{1747,105} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 90\%$$

### 3.4.3. Balance de energía

El cálculo del balance de energía es de vital importancia para que se puedan establecer todas las variaciones de energía que se podrían producir durante el proceso industrial, además, para el cálculo de los requerimientos energéticos del mismo.

$$Q_{ganado} - Q_{perdido} = 0$$

#### Cálculo del flujo de calor

$$Q = W * \lambda_w$$

Donde:

Q: Flujo de calor, (Kcal/h)

W: Flujo de vapor, (Kcal/h)

$\lambda_w$ : Calor latente de vaporización (kcal/kg)

#### Calor latente de vaporización

$$\lambda_w = H_s - h_s$$

Donde:

$H_s$ : Entalpia de vapor en la chaqueta, (Kcal/kg)

$h_s$ : Entalpia de condensación, (Kcal/kg)

#### Entalpia de vapor saturado a 80°

$$H_s = 2643,7 \frac{kJ}{kg}$$

#### Entalpia de condensación a 45 °C

$$h_s = 165,7 \frac{kJ}{kg}$$

#### Cálculo del calor latente de vaporización

$$\lambda_w = (2643,7 - 165,7) \frac{kJ}{kg}$$

$$\lambda_w = 2478 \frac{kJ}{kg}$$

#### Flujo de vapor

$$W = \frac{EH_e + Ch_c - Fh_F}{\lambda}$$

Donde:

E = corriente de evaporado (Kg/h)

C = corriente de concentrado (Kg/h)

F = corriente de alimentación (Kg/h)

H<sub>e</sub> = entalpia de evaporado (Kcal/Kg)

h<sub>c</sub> = entalpia de concentrado (Kcal/Kg)

h<sub>F</sub> = entalpia de alimentación (Kcal/kg)

### Corriente del evaporado

$$E = m_{marmita} - m_c$$

$$E = (1848,66 - 1845,88)kg$$

$$E = 2,78 \frac{kg}{h}$$

### Corriente del concentrado

$$C = 1845,88 \frac{kg}{h}$$

### Corriente de alimentación

$$F = 1848,66 \frac{kg}{h}$$

### Entalpia de evaporación a 80°C

$$H_e = 2643,7 \text{ KJ/Kg}$$

### Entalpia de concentrado, (87 % agua en la leche)

$$h_c = 2643,7 \frac{kJ}{kg} * \frac{87\%}{100\%}$$

$$h_c = 2300,019 \frac{kJ}{kg}$$

### Entalpia de alimentación a 45°C

$$h_f = 165,7 \frac{kJ}{kg}$$

Por lo tanto, se calcula el flujo de vapor:

$$W = \frac{2,78 \frac{kg}{h} \left( \frac{2643,7kJ}{kg} \right) + 1845,88 \frac{kg}{h} \left( 2485,1 \frac{kJ}{kg} \right) - 1848,66 \frac{kg}{h} \left( \frac{165,7kJ}{kg} \right)}{2500,28 \frac{kJ}{kg}}$$

$$W = 1715,09 \frac{kg}{h}$$

### Flujo de calor

$$Q = W * \lambda_w$$

$$Q = 1715,09 \frac{Kg}{h} * 2500,28 \frac{kJ}{kg} * \frac{0,239 kcal}{1kJ}$$

$$Q = 1024885,27 \frac{kcal}{h}$$

$$Q = 1191.94KW$$

### Coefficiente global de transferencia de calor

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

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T}$$

Donde:

U: coeficiente global de transferencia de calor, (kcal/hm<sup>2</sup>°C)

ΔT: Gradiente de temperatura (°C)

A: Área de transferencia de calor, (m<sup>2</sup>)

### Área de transferencia de calor

$$A = 2\pi r_{ce} h_{Tce}$$

Donde:

r<sub>ce</sub>: radio interno de la cámara de ebullición

h<sub>Tce</sub>: altura total de la cámara de ebullición

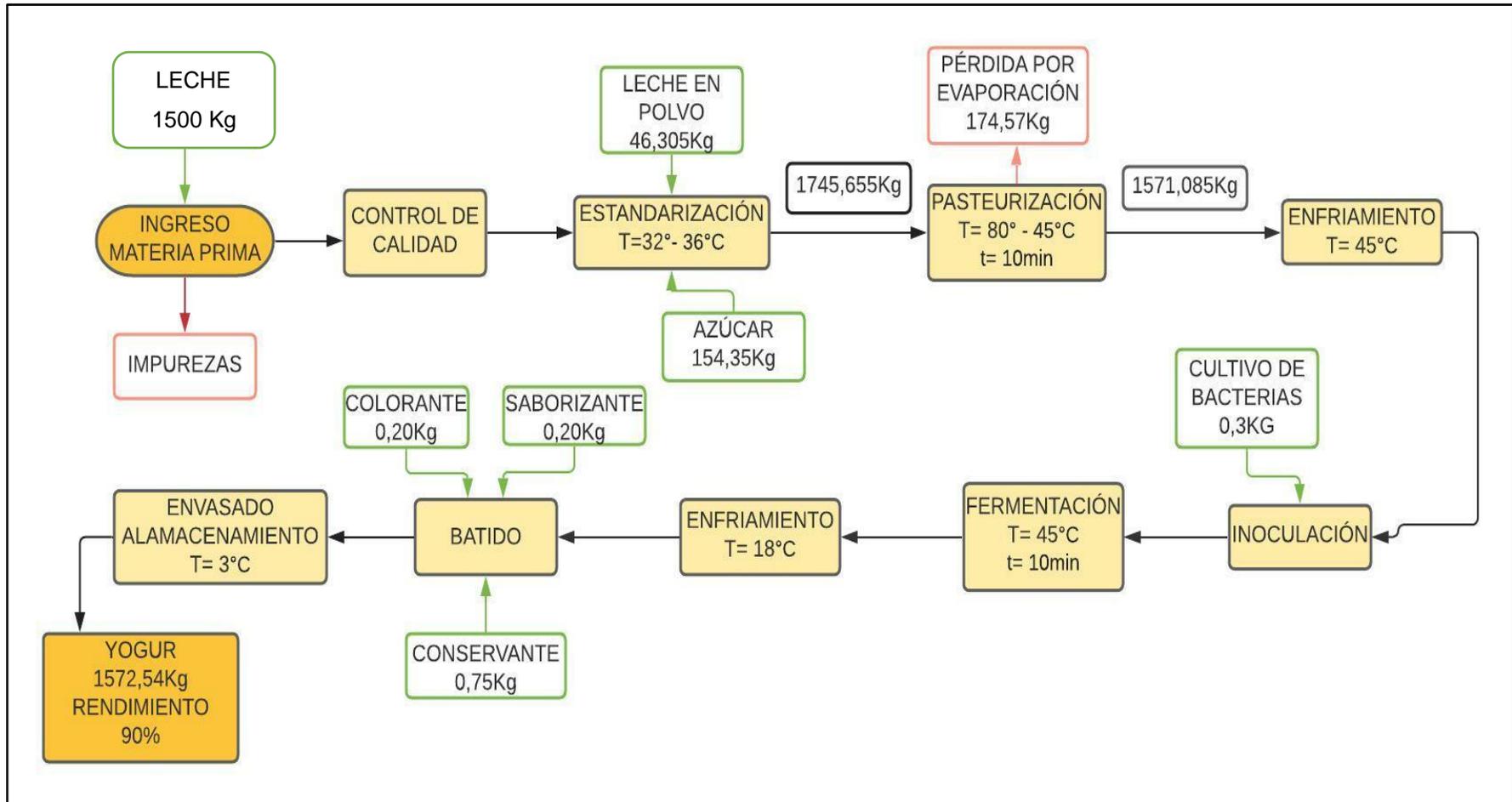
$$A = 2\pi(0,54)m * (1,91)m$$

$$A = 6,48 m^2$$

### Cálculo del coeficiente global de transferencia de calor

$$U = \frac{1191.94 Kw}{6,48 m^2 * (80 - 45)^\circ C}$$

$$U = 5,25 \frac{Kw}{m^2^\circ C}$$



**Gráfico 1-3:** Balance de masa general

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

## Diseño de equipos

La planta de acopio de leche “San Rafael” requiere de la implementación de varios equipos para el procesamiento de yogur en sus instalaciones, por lo tanto, se efectúan los cálculos para el diseño de un tanque de recepción, una marmita y un fermentador para la elaboración de yogur.

### • Tanque de recepción

#### Volumen del tanque

$$\begin{aligned}V_0 &= V_l * f_s \\V_0 &= 1,5 \text{ m}^3 * 1,2 \\V_0 &= 1,8 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Donde:

$V_0$  = Volumen total del tanque ( $\text{m}^3$ ).

$V_l$  = Volumen de leche ( $\text{m}^3$ ).

$f_s$  = Factor de seguridad

#### Altura del tanque

Se asume un diámetro de 1 m con la finalidad de facilitar el proceso de filtración de leche en el tanque de recepción.

$$V_0 = h_0 * \pi * r_0^2$$

Donde:

$h_0$  = Altura del tanque (m)

$r_0$  = Radio del tanque (m)

$$\begin{aligned}h_0 &= \frac{V_0}{\pi r_0^2} \\h_0 &= \frac{1,5 \text{ m}^3}{\pi(0,5)^2} \\h_0 &= 1,91 \text{ m}\end{aligned}$$

#### Área del tanque

$$\begin{aligned}A_0 &= 2\pi r_0 h_0 + \pi r_0^2 \\A_0 &= 2\pi(0,5 \text{ m}) * (1,91 \text{ m}) + \pi(0,5 \text{ m})^2 \\A_0 &= 6,54 \text{ m}^2\end{aligned}$$

### • Marmita

El volumen propuesto para la marmita es multiplicado por un factor de seguridad de 0.15, se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}X &= V \times fs \\X &= 1,5 \text{ m}^3 \times 0,15 \\X &= 0,225 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Donde:

V = Volumen propuesto (m<sup>3</sup>)

fs = factor de seguridad

X = Volumen adicional (m<sup>3</sup>)

### Cálculo del volumen total

$$\begin{aligned}V_t &= V + X \\V_t &= 1,5 \text{ m}^3 + 0,225 \text{ m}^3 \\V_t &= 1,77 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Donde:

V<sub>t</sub> = Volumen total (m<sup>3</sup>)

X = Volumen adicional (m<sup>3</sup>)

V = Volumen propuesto (m<sup>3</sup>)

### Diámetro de la marmita

$$\begin{aligned}\phi &= \sqrt[3]{\frac{4 \times V_t}{1,75 \times \pi}} \\ \phi &= \sqrt[3]{\frac{4 \times 1,77}{1,75 \times \pi}} \\ \phi &= 1,087 \text{ m}\end{aligned}$$

Donde:

V<sub>t</sub> = Volumen total (m<sup>3</sup>)

ϕ = Diámetro del equipo

### Radio de la marmita

$$\begin{aligned}r &= \frac{\phi}{2} \\ r &= \frac{1,079 \text{ m}}{2}\end{aligned}$$

$$r = 0,54 \text{ m}$$

Donde:

r = Radio del equipo (m)

$\Phi$  = Diámetro del equipo

### Altura de la marmita

$$h = \frac{V_t}{\pi \times r^2}$$
$$h = \frac{1.725 \text{ m}^3}{\pi \times (0,54 \text{ m})^2}$$
$$h = 1,017 \text{ m}$$

Donde:

r = Radio del equipo (m)

h = Altura (m)

$V_t$  = Volumen total ( $\text{m}^3$ )

### Diámetro de la chaqueta

Conociendo que el espesor de la chaqueta equivale a un décimo del diámetro total de la unidad. Para realizar el cálculo necesario se emplea la ecuación de Geankoplis que se encuentra en el libro Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias mediante la siguiente ecuación (Geankoplis, 1998, pp.247-251).

$$\Phi_{ch} = \frac{1}{10} \times \Phi$$
$$\Phi_{ch} = \frac{1}{10} \times 1,079 \text{ m}$$
$$\Phi_{ch} = 0,1079 \text{ m}$$

Donde:

$\Phi$  = Diámetro del equipo (m)

$\Phi_{ch}$  = Diámetro de la chaqueta (m)

### Área de transferencia de calor

$$A = 2 \times \pi \times r \times h$$
$$A = 2 \times \pi \times 0.54 \times 1.017$$
$$A = 3,45 \text{ m}^2$$

Donde:

r = Radio del equipo (m)

h = Altura (m)

### Gradiente de la temperatura

$$\begin{aligned}\Delta T &= T_p - T_a \\ \Delta T &= (80 - 45)^\circ C \\ \Delta T &= 35^\circ C\end{aligned}$$

Donde:

$T_p$  = Temperatura de pasteurización ( $^\circ C$ )

$T_a$  = Temperatura de alimentación ( $^\circ C$ )

### Cálculo del flujo de calor producido por el agua

$$\begin{aligned}Q_{H_2O} &= m \times C_{pH_2O} \times \Delta t \\ Q_{H_2O} &= 0.5Kg \times 1.008 \frac{Kcal}{Kg} \times (353.15^\circ K - 318.15^\circ K) \\ Q_{H_2O} &= 17,64 \frac{Kcal}{h}\end{aligned}$$

Donde:

$m$  = cantidad de agua usada en el caldero

$C_{pH_2O}$  = Capacidad calorífica del agua

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura

### Flujo de calor del metal

$$\begin{aligned}Q_M &= K_{acero} \times A \times \Delta t \\ Q_M &= 16.28 \frac{W}{^\circ C \cdot m^2} \times 4.83m^2 \times (80^\circ C - 45^\circ C) \\ Q_M &= 2752,134 \times \frac{1Kw}{1000W} \\ Q_M &= 2,75 \times \frac{1Kcal/h}{0,001163W} \\ Q_M &= 2366,41 \frac{Kcal}{h}\end{aligned}$$

Donde:

$\Delta T$  = Gradiente de temperatura

$A$  = Área de transferencia de calor

$K$  = Coeficiente de transmisión térmica del material

### Cálculo del balance de energía

$$Q_{ganado} = Q_{perdido}$$

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

$$Q = 23.69 \frac{Kcal}{h} + 2366,41 \frac{Kcal}{h}$$

$$Q = 2390,1 \frac{Kcal}{h}$$

Donde:

$Q_M$  = Salida de calor por el metal

$Q_{H_2O}$  = Salida de calor por el caldero

$Q$  = Flujo de calor necesario para calentar la leche

### Coefficiente global de transferencia de calor

$$Q = A \times U \times \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A \times \Delta T}$$

$$U = \frac{2390,1 \text{ Kcal/h}}{3,63 \text{ m}^2 \times (80 - 45)}$$

$$U = 18,81 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C} \times \frac{1.163 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C}}{1 \frac{Kcal}{h \cdot m^2 \cdot ^\circ C}}$$

$$U = 21,87 \frac{J}{m^2 \cdot s \cdot ^\circ C}$$

### Calculo serpentín

El área de transferencia de calor del serpentín se calcula con la siguiente ecuación:

$$A_s = \pi d_s l_s = \pi^2 d_s D_s n_s$$

Donde:

$A_s$  = Área de transferencia de calor del serpentín ( $m^2$ )

$d_s$  = Diámetro externo del serpentín (m)

$L_s$  = Longitud del serpentín (m)

$D_s$  = Diámetro del serpentín (m)

$n_s$  = Numero de espiras del serpentín

### **Diámetro del serpentín**

$$D_s = (0.8 \times \Phi)$$
$$D_s = (0.8 \times 1,079m)$$
$$D_s = 0.86 m$$

Donde:

$\Phi$  = Diámetro del equipo (m)

### **Altura del serpentín**

$$H_s = (0,7 \times h)$$
$$H_s = (0,7 \times 1,07m)$$
$$H_s = 0,749 m$$

Donde:

h = Altura (m)

### **Separación entre espiras adyacentes**

$$e = 4 \times d_s$$
$$e = 4(0,0127m)$$
$$e = 0,051m$$

### **Numero de vueltas del serpentín**

$$n_s = \frac{H_s}{e} + 1$$
$$n_s = \frac{0,749m}{0,051m} + 1$$
$$n_s = 15,68 \cong 16$$
$$n_s = 16$$

### **Longitud del serpentín**

$$L_s = \pi D_s n_s$$
$$L_s = \pi \times 0,86 \times 16$$
$$L_s = 43,23 m$$

### **Área de transferencia**

$$A_s = \pi d_s l_s$$
$$A_s = \pi \times (0,0127m) \times (43,23m)$$
$$A_s = 1,72 m^2$$

- Fermentador

### Volumen del fermentador

$$V_{yogur} = \frac{m_{yogur}}{\rho_{yogur}}$$
$$V_{yogur} = \frac{1571,085 \text{ kg}}{1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$
$$V_{yogur} = 1,44 \text{ m}^3$$

Donde:

$V_{yogur}$ : Volumen del yogur ( $\text{m}^3$ )

$m_{yogur}$ : Masa del yogur (kg)

$\rho_{yogur}$ : Densidad del yogur ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$V_f = V_{yogur} * f_s$$

Donde:

$V_f$ : Volumen del fermentador ( $\text{m}^3$ )

$$V_f = 1,44 \text{ m}^3 * 1,2$$
$$V_f = 1,728 \text{ m}^3$$

### Diámetro del fermentador

$$V_f = \pi * \frac{D_2^2}{4} * H_2$$

$D_2$ : Diámetro del fermentador (m)

$H_2$ : Altura del fermentador (m)

Sabiendo que:  $D = H$

$$V_f = \pi * \frac{D_2^2}{4} * D_2$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 * V_f}{\pi}}$$

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{4 * 1,728}{\pi}}$$

$$D_2 = 1,30 \text{ m}$$

$$H_2 = 1,30 \text{ m}$$

### Área del fermentador

$$A_2 = 2\pi r_2 H_2 + 2\pi r_2^2$$
$$A_2 = 2\pi * (0,65m) * (1,30m) + 2\pi * (0,65)^2$$
$$A_2 = 7,963 \text{ m}^2$$

### Diámetro de las paletas

$$D_p = \frac{1}{3} D_2$$
$$D_p = \frac{1,30 \text{ m}}{3}$$
$$D_p = 0,433 \text{ m}$$

### Distancia mínima entre las paletas y la base del tanque

$$\frac{E_p}{D_p} = 1$$
$$E_p = 0,433 \text{ m}$$

### Altura de las paletas

$$\frac{W_p}{D_p} = \frac{1}{5}$$
$$W_p = \frac{D_p}{5}$$
$$W_p = \frac{0,433 \text{ m}}{5}$$
$$W_p = 0,087 \text{ m}$$

### Ancho de las paletas

$$\frac{L_p}{D_p} = \frac{1}{4}$$
$$L_p = \frac{0,433}{4}$$
$$L_p = 0,1082 \text{ m}$$

### Número de Reynolds

Para este cálculo se asume una velocidad de 100 RPM.

$$Re = \frac{n * D_p^2 * \rho_{yogur}}{\mu_{yogur}}$$

Donde:

$n$ : Número de revoluciones ( $s^{-1}$ )

$\mu_{yogur}$ : Viscosidad del yogur (Kg/m.s)

$$Re = \frac{2 \text{ s}^{-1} * (0,433 \text{ m})^2 * 1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1,942 \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}}$$
$$Re = 210,46$$

### Potencia del agitador

$$P = N_p * \rho_y * n^3 D_p^5$$

Donde:

$N_p$ : Número de potencia

$$P = 2 * 1090 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (2 \text{ s}^{-1})^3 * (0,433 \text{ m})^5$$
$$P = 43,91 \text{ Wa}$$
$$P = 0,059 \text{ Hp}$$

Eficiencia de la bomba: 0,7

Pérdidas por fricción: 35%

$$P = \frac{0,059 * 1,35}{0,7}$$
$$P = 0,113 \text{ Hp}$$

En el mercado no existe una bomba de 0,113 Hp por lo tanto se escoge una potencia de 0,25 Hp

### Área de transferencia de calor en el serpentín

$$A_s = \pi d_s L_s = \pi^2 d_s D_s n_s$$

$A_s$ : Área de transferencia de calor del serpentín ( $\text{m}^2$ )

$d_s$ : diámetro externo del serpentín (m)

$L_s$ : Longitud del serpentín (m)

$D_s$ : Diámetro del serpentín (m)

$n_s$ : Número de espiras del serpentín

### Diámetro del serpentín

$$D_s = (0,8 D_2)$$
$$D_s = (0,8 * 1,30)$$
$$D_s = 1,04 \text{ m}$$

### Altura del serpentín

$$H_s = (0,7 H_2)$$
$$H_s = (0,7 * 1,30)$$
$$H_s = 0,91 \text{ m}$$

### Separación entre espiras adyacentes

$$e_s = (4 d_s)$$
$$e_s = (4 * 0,0127)$$
$$e_s = 0,05 \text{ m}$$

### Número de espiras

$$n_s = \frac{H_s}{e} + 1$$
$$n_s = \frac{0,91\text{m}}{0,05\text{m}} + 1$$
$$n_s = 19$$

### Longitud del serpentín

$$L_s = \pi D_s n_s$$
$$L_s = \pi * 1,04 \text{ m} * 19$$
$$L_s = 62,08 \text{ m}$$

Después de realizados los cálculos necesarios, se calcula el área de transferencia:

$$A_s = \pi d_s L_s$$
$$A_s = \pi * 0,0127 * 62,08$$
$$A_s = 2,47 \text{ m}$$

### • Caldero

El diseño del caldero se realiza debido a la necesidad del empleo de calor en las etapas del proceso donde se utilizan la marmita y el fermentador, este equipo suministra la energía calorífica que el resto de los equipos requiere.

## Diseño térmico

**Tabla 16-3:** Datos experimentales del agua

$T_b$ (°C)	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (J/Kg°C)	$K$ w(m*K)	$\mu$ (Kg/m*s)	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$P_r$
35	994,0	4178	0,623	$0,720 \times 10^{-3}$	$0,724 \times 10^{-6}$	4,83
40	992,1	4179	0,631	$0,653 \times 10^{-3}$	$0,658 \times 10^{-6}$	4,32
45	990,1	4180	0,637	$0,596 \times 10^{-3}$	$0,601 \times 10^{-6}$	3,91

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 17-3:** Propiedades del agua saturada

Datos experimentales	
Temperatura de entrada ( $T_e$ )	80°C
Temperatura de salida ( $T_s$ )	45°C
Temperatura promedio	62,5°C

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### Gasto volumétrico de agua

$$\dot{V} = 5 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$
$$\dot{V} = 0,316 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### Gasto de la masa de agua que queda

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \rho * \dot{V}$$

Dónde:

$\dot{m}_{\text{agua}}$ : Flujo másico del agua (Kg/s)

$\rho$ : Densidad del agua a 39.5°C; 990,3 (Kg/m<sup>3</sup>)

$\dot{V}$ : Gasto volumétrico del agua;  $0,315 \times 10^{-3}$  (m<sup>3</sup>/s)

$$\dot{m}_{\text{agua}} = (990,3 \text{Kg/m}^3) 0,315 \times 10^{-3} \text{m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = 0,3118 \text{ Kg/s}$$

### Cálculo del calor suministrado al agua

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{agua}} * C_p * \Delta T$$

Dónde:

$\dot{Q}$ : Calor suministrado (KW)

$C_p$ : Calor específico del agua a 39.5°C;  $4180,9 \left( \frac{J}{Kg^{\circ}C} \right)$

$\Delta T$ : Variación de temperatura (°T); 47°C

$$\dot{Q} = \left( 0,3219 \frac{Kg}{s} \right) \left( 4180,9 \frac{J}{Kg^{\circ}C} \right) (80 - 45)^{\circ}C$$

$$\dot{Q} = 47104,1098 \frac{J}{s}$$

$$\dot{Q} = 47,104 \text{ KW}$$

Tomando en consideración pérdidas de calor del 15% tenemos:

$$\dot{Q}_r = 47,104 - \frac{(15\%)(47,104 \text{ KW})}{100\%}$$

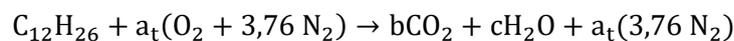
$$\dot{Q}_r = 40,04 \text{ KW}$$

### Análisis del combustible

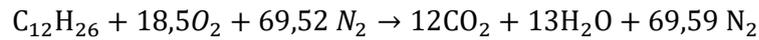
Al realizar un análisis referente al empleo de combustible, se compara el poder calorífico del combustible con la energía eléctrica, el diésel tiene un valor de 12000 Kcal/Kg y la energía eléctrica tiene un valor de 10939 Kcal/Kg, evidenciándose una necesidad menor de cantidad de diésel en comparación a la energía eléctrica para lograr producir igual cantidad de calor.

En cuanto al costo de operación, la energía eléctrica tiene un valor de 0.9 centavos por KW/h para el sector industrial, mientras que el valor por galón de diésel industrial es de 0.91 centavos, al ser menor el costo del diésel se descarta el uso de energía eléctrica dando paso al diseño de la caldera con alimentación de diésel.

Se tiene una relación de combustible igual a:



Mediante igualación, se tiene:



### Masa del aire ( $m_{aire}$ )

El aire seco se encuentra compuesto por:

**Tabla 18-3:** Composición de aire

20,9 %	$O_2$
78,1 %	$N_2$
0,9 %	Argón

Realizado por: Shagnay, H. 2022.

Descartando a los componentes que se encuentran en pequeñas cantidades.

$$\frac{0,79}{0,21} = 3,76 \text{ mol } N_2$$

Por lo tanto:

$$1 \text{ Kmol } O_2 + 3,76 \text{ Kmol } N_2 = 4,76 \text{ Kmol Aire}$$

$$m_{aire} = N_{aire} * M_{aire}$$

Dónde:

$m_{aire}$ : Masa del aire (Kg)

$N_{aire}$ : Número de moles del aire (Kmol)

$M_{aire}$ : Peso molecular del aire; 29 Kg/kmol

$$m_{aire} = (18,5 * 4,76 \text{ Kmol}) \left( 29 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} \right)$$

$$m_{aire} = 2553,75 \text{ Kg}$$

### Masa de combustible ( $m_{comb}$ )

$$m_{comb} = (N_c M_c) + (N_H M_H)$$

Dónde:

$m_{comb}$ : Masa del combustible

$N_c$ : número de moles del carbono; 12 (Kmol)

$M_c$ : peso molecular del carbono; 12 (Kg/kmol)

$N_H$ : número de moles de hidrogeno; 13 (Kmol)

$M_H$ : peso molecular del Hidrogeno; 2 (Kg/kmol)

$$m_{comb} = (12 \text{ Kmol} * 12 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}}) + (13 \text{ Kmol} * 2 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}})$$

$$m_{comb} = 170 \text{ Kg}$$

**Relación aire combustible**

$$AC = \frac{m_{aire}}{m_{comb}}$$

Dónde:

AC: Relación aire combustible

$m_{aire}$ : Masa del aire; 2553,74 Kg

$m_{comb}$ : Masa del combustible; 170 Kg

$$AC = \frac{2553,74 \text{ Kg de aire}}{170 \text{ Kg de comb}}$$

$$AC = 15,03 \frac{\text{kg de aire}}{\text{Kg de comb}}$$

Tomando en el diseño la boquilla un ángulo de 60° y 4 GPH.

**Tabla 19-3:** Dimensiones de la cámara de combustión

Parámetro	Valor	Unidad
Longitud	18	inch
Anchura	11	inch
Altura	16	inch
Altura de boquilla	8	inch

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Los parámetros que existen en el mercado para tubos de acero inoxidable AISIS son:

**Tabla 20-3:** Parámetros de tubo para caldera

Diámetro externo	$D_t = 0,0483 \text{ m}$
Espesor del tubo	$e_t = 0,00368 \text{ m}$
Conductividad térmica	$K_{tubo} = 39,2 \text{ W/m K}$
Número de tubos	$N_t = 13$
Longitud	$L = 0,40 \text{ m}$
Diámetro exterior de boca de acero	$D_B = 0,20 \text{ m}$

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### Potencia de la caldera

$$P_c = 0,001163 * \Delta T * t * Q_w$$

Dónde:

$\Delta T$ : Variación de temperatura de vapor de entrada y agua de salida

$t$  : tiempo de operación en minutos

$Q_w$ : Caudal del agua que circula por el calentador

$$Q_w = 0.0017 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_w = 102 \frac{\text{L}}{\text{min}}$$

$$P_c = 0,001163 * (63 - 16) * 60 * 90$$

$$P_c = 295.19 \text{ KW}$$

#### 3.4.4. Especificaciones de equipos

A continuación, se describen los parámetros establecidos mediante los cálculos para el diseño y dimensionamiento de equipos requeridos para el proceso de elaboración de yogur, en la planta de acopio de leche “San Rafael”, además de estas especificaciones también se establece que los equipos y materiales deben ser construidos con acero inoxidable del tipo AISI 304 (19% Cr –10% Ni), el cual es el material que comúnmente se emplea en la industria alimentaria.

**Tabla 21-3:** Especificaciones del tanque de recepción

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Volumen del tanque	$V_0$	1,8	$\text{m}^3$
Altura del tanque	$h_0$	1,91	m
Área del tanque	$A_0$	6,54	m

Realizado por: Shagnay, H. 2022.

**Tabla 22-3:** Dimensiones de la marmita

<b>Parámetro</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Volumen adicional	X	0,225	m <sup>3</sup>
Volumen total	V <sub>t</sub>	1,77	m <sup>3</sup>
Diámetro de la marmita	Ø	1,087	m
Radio de la marmita	r	0,54	m
Altura de la marmita	h	1,017	m
Diámetro de la chaqueta	Øch	0,1079	m
Área de transferencia de Calor	A	3,45	m <sup>2</sup>
Gradiente de Temperatura	ΔT	35	°C
Calor producido por el agua	Q <sub>H2O</sub>	17,64	K <sub>cal</sub> /h
Flujo de Calor del metal	Q <sub>M</sub>	2366,41	K <sub>cal</sub> /h
Balance de Energía	Q	2390,1	K <sub>cal</sub> /h
Coficiente Global de transferencia de Calor	U	21,87	J/m <sup>2</sup> .s.°C
Diámetro del serpentín	D <sub>s</sub>	0,86	m
Altura del serpentín	H <sub>s</sub>	0,749	m
Separación entre espiras adyacentes	e	0,051	m
Numero de vueltas del serpentín	n <sub>s</sub>	16	-
Longitud del serpentín	L <sub>s</sub>	43,23	m
Área de transferencia del serpentín	A <sub>s</sub>	1,72	m <sup>2</sup>

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 23-3:** Dimensiones del fermentador

<b>PARÁMETRO</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Volumen	$V_t$	1,728	$m^3$
Diámetro	D	1,30	m
Altura	H	0,48	m
Área	A	7,963	$m^2$
Diámetro de las paletas	$D_p$	0,433	m
Distancia mínima entre paletas y piso	$E_p$	0,433	m
Altura de las paletas	$W_p$	0,087	m
Ancho de las paletas	$L_p$	0,1082	m
Potencia del agitador	P	0,25	Hp
Altura del serpentín	$H_s$	0,91	m
Diámetro del serpentín	$D_s$	1,04	m
Longitud del serpentín	$L_s$	62,08	m
Número de espiras	$n_s$	19	-
Separación entre espiras adyacentes	e	0,05	m
Área de transferencia	$A_s$	2,47	m

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 24-3:** Dimensiones del caldero

PARÁMETRO	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Gasto Volumétrico de Agua	$\dot{V}$	$0,316 \times 10^{-3}$	$m^3/s$
Gasto masa de agua que queda	$\dot{m}_{agua}$	0,3118	Kg/s
Calor suministrado al agua	$\dot{Q}$	47,104	KW
Masa del aire	$m_{aire}$	2553,75	Kg
Masa de combustible	$m_{comb}$	170	Kg
Relación Aire Combustible	AC	15.03	$Kg_{aire}/Kg_{comb}$
Potencia de la caldera	$P_u$	295.19	KW

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.5. Proceso de producción

#### 3.5.1. Materia prima, aditivos e insumos

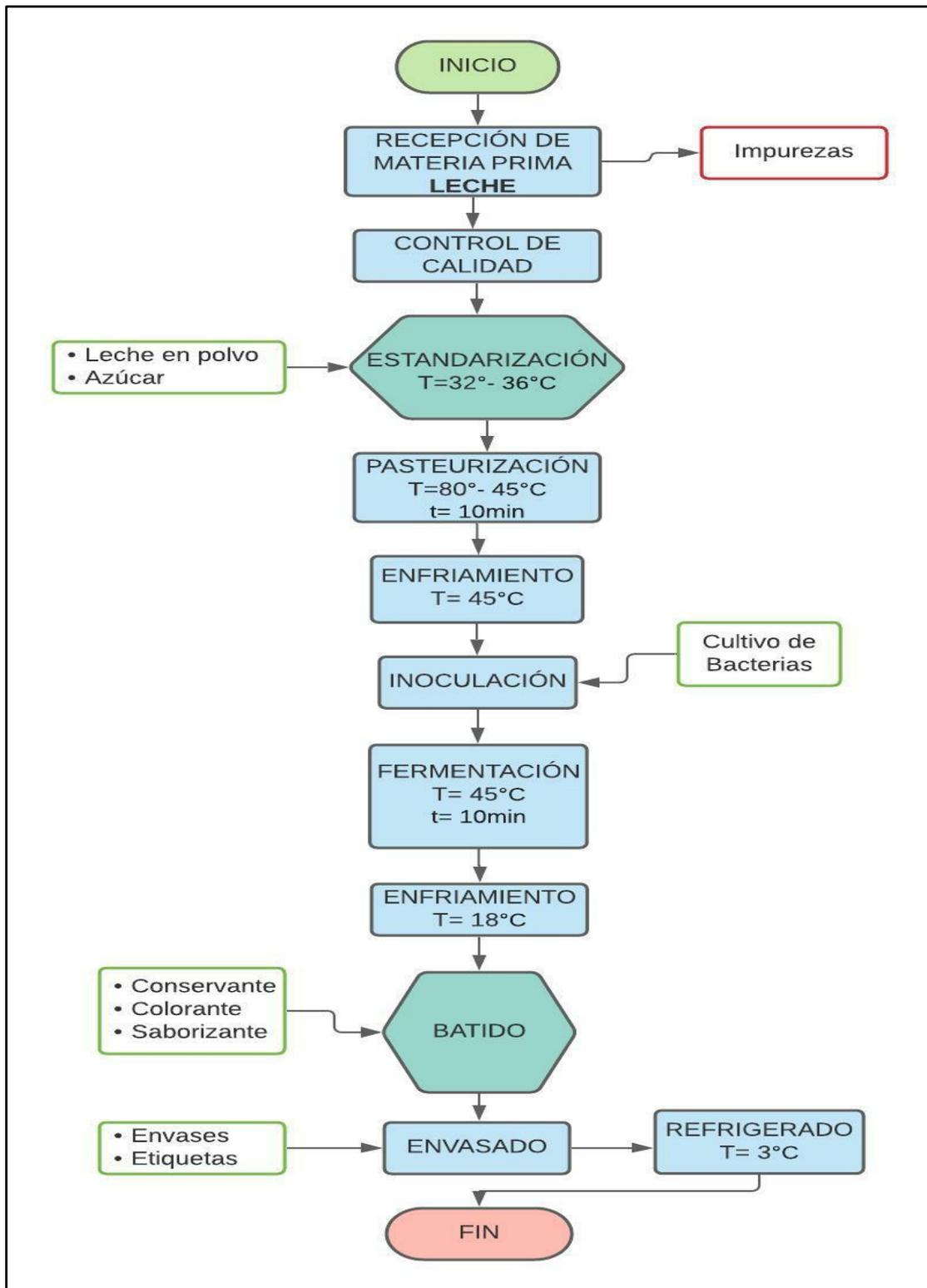
Durante el proceso de elaboración de yogur, además de leche cruda de vaca que es la materia prima empleada, se necesitan ciertos aditivos durante su procesamiento, los mismos que son descritos en la tabla 26-3.

**Tabla 25-3:** Materia prima y aditivos

Componente	Descripción	Cantidad	Unidad
Leche cruda de vaca	Materia prima	1500	L
Leche en polvo	Aditivo	46,31	Kg
Azúcar	Aditivo	154,35	Kg
Cultivo de bacterias: - Streptococcus thermophilus. - Lactobacillus bulgaris.	Aditivo	0,3	Kg
Colorante	Aditivo	0,2	Kg
Saborizante	Aditivo	0,2	Kg
Conservante: - Sorbato de potasio	Aditivo	0,75	Kg

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.5.2. Diagrama del proceso de elaboración de yogur



**Gráfico 2-3:** Diagrama de proceso de elaboración de yogur

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.5.3. Descripción del proceso para elaboración de yogur

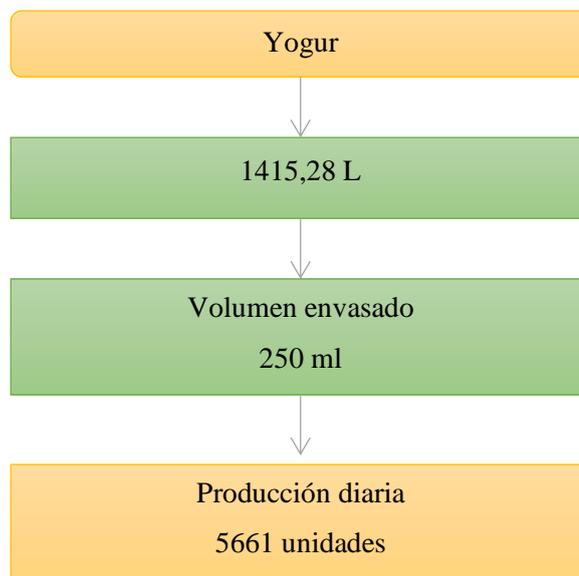
La elaboración de yogur a escala industrial consta de la ejecución de las siguientes etapas, descritas a continuación:

- **Recepción de la materia prima:** la leche cruda de vaca es receptada en el tanque de recepción, durante esta etapa se realiza la filtración de esta, con la finalidad de impedir el paso de impurezas o materiales extraños que se pueden presentar a causa de malas prácticas de ordeño, manipulación o durante su transporte.
- **Control de Calidad:** posterior a la etapa de recepción de la materia prima se realiza el muestreo para llevar a cabo el control de calidad de la leche cruda de vaca, mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica según lo indicado en la normativa correspondiente. En caso de no cumplir con los requerimientos mínimos la materia prima se rechaza, y en caso de cumplir con las especificaciones establecidas en la norma se continúa con su procesamiento.
- **Estandarización:** mediante esta etapa del proceso se pretende incrementar el contenido de sólidos totales en la leche, lo cual se puede conseguir por medio de distintas opciones, entre ellas la más conocida en la industria láctea es la adición de leche en polvo a la leche cruda. Esta adición se realiza a una temperatura de entre 32 °C a 36 °C, además de añadir leche en polvo también se agrega el azúcar o edulcorante a utilizar, posteriormente se agita hasta que los componentes incorporados se disuelvan.
- **Pasteurización:** esta etapa tiene como objetivo eliminar los microorganismos patógenos que pueda contener la leche, mediante el incremento de temperatura a 80 °C durante un tiempo de 10 minutos.
- **Enfriamiento:** posterior a la etapa de pasteurización, la leche es enfriada en el fermentador, mediante un serpentín interno hasta una temperatura de 45°C, debido a que esta es la temperatura óptima para el crecimiento de microorganismos productores de yogur.
- **Inoculación:** se adiciona a la mezcla el cultivo compuesto por *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaris*, a una temperatura de 45°C. Por medio de agitación se asegura el correcto mezclado en esta etapa.
- **Fermentación:** durante esta etapa se produce el ácido láctico debido a la acción de los microorganismos presentes en el cultivo añadido en la etapa anterior, la mezcla debe permanecer dentro del fermentador durante 10 min a una temperatura de 45°C, ya que son las condiciones óptimas para el crecimiento de las bacterias y la producción de yogur.

- **Enfriamiento:** el yogur permanece en el fermentador tapado herméticamente, por un período de 10 horas a temperatura ambiente hasta alcanzar paulatinamente los 18°C, posterior a este tiempo transcurrido, se mide el pH encontrándose un valor de 4,5.
- **Batido:** en esta etapa se adiciona el sorbato de potasio que actúa como conservante, el colorante y saborizante en las cantidades especificadas en la formulación. Por medio de agitación constante, se homogeniza la mezcla hasta obtener un yogur con la consistencia idónea y sin la presencia de grumos.
- **Envasado y Almacenamiento:** finalmente el yogur obtenido es envasado en frascos plásticos que se esterilizan previamente y son almacenados en refrigeración a 3 °C, con un tiempo de vida útil promedio de 30 días.

#### 3.5.4. Capacidad de producción

La planta de acopio de leche “San Rafael” receipta 3500 L de leche diarios, en el presente trabajo se propone destinar un volumen de 1500 L de leche para la elaboración de yogur a escala industrial, después de realizar los cálculos de ingeniería se obtiene un valor de 1572, 54 kg de yogur lo que equivale a 1415,28 L debido a que en el proceso realizado a escala de laboratorio se obtuvo un rendimiento del 90%, al ser el volumen de los envases propuestos de 250 ml, se calcula una producción diaria de 5661 unidades, en el diagrama presentado a continuación se expresan los valores obtenidos.



**Gráfico 3-3:** Capacidad de producción de yogur

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.5.5. *Distribución y diseño de la planta de producción*

La planta de acopio de leche “San Rafael”, dispone de sus propias instalaciones, sin embargo, al ser la recolección y enfriamiento de leche sus únicas actividades y no procesar derivados lácteos, no dispone de una planta de procesamiento adecuada. A pesar de ello, se cuenta con el espacio necesario para implementar las distintas áreas que se requieren para realizar cada etapa del procesamiento de yogur. A continuación, se detallan las áreas con las que debe contar el centro de acopio:

- **Área de recepción de materia prima:** es el área requerida para la recepción de materia prima, para su posterior procesamiento. La planta de acopio cuenta con el área de recepción y almacenamiento de leche cruda en tanques de enfriamiento.
- **Área de control de calidad:** es el área en la cual se realiza el control de calidad de la materia prima y producto terminado, la revisión de fichas técnicas de aditivos, ensayos de laboratorio para nuevas formulaciones, almacenamiento de muestras. Este laboratorio implementado, será el lugar donde se realice la toma de pH y otras pruebas rápidas a la leche y después del procesamiento de yogur, aquí se evaluarán sus características organolépticas, además será el lugar donde se almacenen las muestras a ser enviadas a otros laboratorios para análisis más complejos.
- **Área de producción:** es el área en la cual se da la transformación de materia prima en producto terminado, para la elaboración de yogur, el área de producción debe contar con el espacio necesario para implementar los equipos requeridos en cada etapa del proceso, tanque de recepción, marmita, fermentador, caldero, mesas para el envasado y etiquetado del producto, entre otros. Además, los equipos deben ubicarse de tal manera que el operario pueda transitar entre ellos debido a que en esta área se controlarán los puntos críticos y variables durante todo el proceso.
- **Área de almacenamiento:** es el área destinada al almacenamiento del producto, debe contarse con neveras que mantengan el producto a una temperatura de 3°C, condiciones que aseguran su inocuidad y calidad.
- **Área de carga y descarga:** es el espacio destinado a la recepción de leche entregada por los proveedores, así como la descarga de otros aditivos, materiales e insumos que la planta requiera. Además, es el área en la cual se carga el producto terminado a camiones que distribuyen el producto en los diferentes puntos de venta.
- **Bodega:** es el espacio en el cual se almacenan todos materiales, insumos, herramientas, EPP, entre otros implementos que se requieran.

### 3.5.6. *Requerimiento de tecnología, equipos y maquinaria*

#### 3.5.6.1. *Equipos requeridos para la producción de yogur*

La planta de acopio de leche “San Rafael” requiere de la adquisición de ciertos equipos para el procesamiento de yogur a escala industrial, los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 26-3:** Equipos requeridos para la producción de yogur

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Tanque de recepción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanque cilíndrico de acero inoxidable AISI-304 utilizado para almacenar y conservar la leche previo a su procesamiento.</li><li>• Posee 4 patas ajustables sobre las cuales reposa el equipo.</li><li>• No dispone de tapa.</li><li>• Presenta una válvula de vaciado en la parte inferior del tanque.</li></ul>
Marmita	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanque de acero inoxidable AISI-304 utilizado para realizar la pasteurización de la leche cruda con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos.</li><li>• Dispone de un agitador con variación de velocidad tipo palas planas de 45° de inclinación que optimiza el incremento de temperatura impidiendo que se formen coágulos de grasa en la superficie de la leche.</li><li>• Posee válvula de salida</li><li>• Dispone de bridas que permiten nivelar y fijar el equipo al suelo.</li></ul>
Fermentador	<ul style="list-style-type: none"><li>• Equipo de acero inoxidable AISI-304 utilizado para la fermentación por acción de bacterias ácido-lácticas que producen el yogur.</li><li>• Se encuentra cubierto con un aislante de espuma de poliuretano que previene la pérdida de calor.</li><li>• Dispone de un serpentín interno de acero inoxidable AISI-304 por el cual circula agua a temperatura ambiente para el enfriamiento de la leche.</li><li>• Cuenta con un agitador de paletas para la homogeneización de la mezcla, durante la adición del cultivo y aditivos.</li></ul>
Caldero	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recipiente cerrado metálico, utilizado para producir vapor o calentar agua.</li><li>• El vapor se produce mediante una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible empleado, diésel.</li> </ul>
Envasador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo automático encargado de la dosificación volumétrica exacta en envases previamente esterilizados.</li> <li>• Dispone de un transporte giratorio entre estaciones.</li> <li>• Es de limpieza y mantenimiento sencillo</li> <li>• Fácil operación.</li> </ul>
Refrigerador industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo con gran capacidad de almacenamiento para el producto terminado.</li> <li>• Bajo consumo de energía</li> <li>• Provee de las condiciones adecuadas para la conservación del producto en estado óptimo.</li> </ul>

**Realizado por:** Shagñay, H. 2022.

### 3.5.6.2. Equipos requeridos para el control del proceso

La planta de acopio de leche “San Rafael” requiere ciertos equipos para el control de las distintas etapas que conforman el proceso de elaboración de yogur, gracias al empleo de estos, se puede verificar que cada variable identificada para el control del proceso cumpla con los parámetros previamente establecidos, asegurando un producto con la calidad e inocuidad esperadas, además, del beneficio económico de la empresa debido a un buen rendimiento del proceso. A continuación, se describen los equipos necesarios para el control del procesamiento de yogur:

**Tabla 37-3:** Requerimiento de equipos para el control del proceso

<b>Equipo/material</b>	<b>Descripción</b>
Balanza mecánica de plataforma	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo empleado para pesar grandes cantidades de materias primas, materiales e insumos.</li> <li>• Dispone de un rango de pesaje, hasta 60 kg con una resolución de 10 g, hasta 150 kg con una resolución de 20 g</li> <li>• Dimensiones de la plataforma: 400 x 500 mm</li> <li>• Cuenta con un trípode desmontable.</li> <li>• Se puede calibrar.</li> </ul>
Balanza digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo empleado para pesar cantidades pequeñas como en el caso del cultivo, conservante, colorante, saborizante.</li> <li>• Batería externa.</li> <li>• Cable adaptador.</li> </ul>
pH metro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo utilizado para controlar el pH de la leche en la recepción de materia prima y después de la etapa de fermentación.</li> <li>• Marca HACH</li> <li>• Dimensiones 19,7 x 9,5 cm</li> <li>• Peso 335 g</li> <li>• Carcasa del medidor. IP67, sumergible a 1 metro durante 30 minutos.</li> <li>• Adaptador de corriente externa de clase</li> </ul>
Vidrio de reloj	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleado para pesar pequeñas muestras de cultivo.</li> </ul>
Termómetro industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material empleado para el control de temperatura dentro de etapas como: pasteurización, fermentación, enfriamiento.</li> <li>• Longitud 26,5 cm.</li> <li>• Rango de temperatura -10°C-110°C</li> <li>• Fácil manejo</li> </ul>
Lienzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material utilizado para filtrar la leche en la etapa de recepción de materia prima.</li> </ul>

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.6. Análisis costo/beneficio

Se realiza el análisis de costo-beneficio que representaría para la planta de acopio de leche “San Rafael” la implementación de la planta procesadora de yogur a escala industrial, con la finalidad de determinar la viabilidad que tiene su ejecución, al estudiar la parte financiera del mismo.

#### 3.6.1. Inversión fija

En la inversión fija se encuentran considerados todos los bienes materiales tangibles que la empresa requiere adquirir para empezar con el proceso de elaboración de yogur a escala industrial, los cuales se mantendrán a largo plazo, a continuación, se detallan los bienes a adquirir junto con los valores de inversión.

**Tabla 28-3:** Valores de inversión fija de la empresa

<b>Equipos para la línea de procesamiento de yogur</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
Tanque de recepción	1	500	500
Marmita	1	3000	3000
Fermentador	1	2500	2500
Caldero	1	2000	2000
Envasadora	1	5000	5000
<b>Equipos para el control de proceso</b>			
pH metro	1	15,00	15,00
Balanza de plataforma	1	60,00	60,00
Balanza digital	1	15,00	15,00
Termómetro industrial	1	10,00	10,00
Lienzo	1	5,00	5,00
Vidrio de reloj	3	5,00	15,00
<b>Adecuación del área de producción</b>			
Mano de obra para la instalación de equipos	1	200,00	200,00
<b>Subtotal (\$)</b>			<b>13 320</b>

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.6.2. Determinación de egresos

#### 3.5.2.1 Costos de manufactura

Los costos de manufactura o también llamados costos de producción son aquellos gastos que se generan durante el proceso de elaboración de yogur, a continuación, se especifican los egresos que se deben considerar mensual y anualmente tomando en cuenta que la producción de yogur se realizara 3 días a la semana.

**Tabla 29-3:** Servicios básicos requeridos

Servicio	Costo mensual (\$)	Costo anual (\$)
Energía eléctrica	70,00	840,00
Línea telefónica	20,00	240,00
Agua potable	50,00	600,00
<b>Subtotal (\$)</b>	140,00	1 680,00

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 30-3:** Recursos humanos para producción

Personal	Actividad	Cantidad	Salario mensual	Costo anual
Operarios	Proceso de producción de yogur, desde la recepción de materia prima hasta el envasado y etiquetado.	3	398,00	14 328,00
Supervisor de producción	Seguimiento y control de las variables del proceso.	1	401,00	4 812,00
<b>Subtotal (\$)</b>			1595,00	19 140,00

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 31-3:** Costo de elaboración de yogur por lote

<b>Materiales e insumos</b>	<b>Valor por presentación</b>	<b>Valor unitario (\$)</b>	<b>Cantidad requerida</b>	<b>Valor total (\$)</b>
Leche cruda	\$0,42 por 1 L	0,42	1500 L	630,00
Leche en polvo	\$3,00 por 1 Kg	3,00	46,31 kg	138,93
Azúcar	\$1,00 por 1 Kg	1,00	154,35 kg	154,35
Cultivo	\$4,00 por 30 g	0,13	300 g	39,00
Conservante	\$59,00 por 25 Kg	0,00236	750 g	1,77
Saborizante	\$5,00 por 1Kg	0,005	200 g	1,00
Colorante	\$5,00 por 1Kg	0,005	200 g	1,00
Envases	\$0,02 por envase	0,02	5 770	115,4
Etiquetas	\$5,00 por 1000 u	0,005	5 770	28,85
<b>Costo diario (\$)</b>				1 110,3
<b>Costo mensual (\$)</b>				13 323,6
<b>Costo Anual (\$)</b>				159 883,2

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.6.3. Costos totales de inversión fija y egresos

Se describen los valores de inversión fija y egresos con un porcentaje extra por imprevistos del 5%. Es necesaria la ejecución de este cálculo para calcular el precio de venta por unidad del yogur.

**Tabla 42-3:** Costos totales de inversión fija y egresos

<b>Descripción</b>	<b>Valor (\$)</b>
Inversión fija	13 320
Imprevistos (5%)	666
<b>Total, inversión fija</b>	<b>13 986</b>
Egresos anuales (Costos de producción)	180 703,2
Imprevistos (5%)	9035,16
<b>Total, egresos anuales (Costos de producción)</b>	<b>189 738.36</b>

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.6.4. Determinación de Ingresos anuales

Cálculo del precio de venta por unidad del producto (yogur) al público.

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

Donde:

PVP: Precio de venta al público

CP: Costo de producción

U: Utilidad deseada

Ya que se desea una utilidad del 60 %, al reemplazar se tiene:

$$PVP = 0,22 \left( \frac{100}{100 - 60} \right)$$

$$PVP = \$ 0,55$$

Después de establecer el precio de venta al público (PVP) del producto terminado, es posible calcular los ingresos anuales que percibirá la planta en caso de implementar la producción de yogur. A continuación, se detallan los costos e ingresos anuales.

**Tabla 33-3:** Ingresos anuales

<b>Unidades producidas mensualmente</b>	<b>Costos de producción anual (\$)</b>	<b>Costos de producción por unidad (\$)</b>	<b>PVP (\$)</b>	<b>Ingresos anuales (\$)</b>
67932	189 738,36	0,22	0,55	448 351,2

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

### 3.6.5. Cálculo de valor actual neto, tasa de retorno interno y período de recuperación

Se evalúa la factibilidad del presente proyecto mediante la aplicación de tres indicadores; el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el período de recuperación (PDR).

#### • Cálculo de VAN

El valor actual neto o VAN es empleado como un indicador de criterio de inversión, gracias a esta herramienta las empresas pueden determinar cuál sería la ganancia o pérdida al ejecutarse el proyecto, mediante los siguientes criterios:

VAN>0: El proyecto de inversión genera beneficios.

VAN=0: El proyecto de inversión no genera beneficios ni pérdidas.

VAN<0: El proyecto de inversión genera pérdidas.

Se calcula el VAN mediante la siguiente fórmula:

$$VAN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$$

**Tabla 34-3:** Cálculo del VAN

Período inicial	Inversión inicial (\$)			
0	<i>Inv</i> = 13986			
Períodos (años) <i>j</i>	Ingreso (\$)	Egreso (\$)	Flujo de caja (\$) <i>F<sub>j</sub></i>	$\frac{F_j}{(1+i)^j}$
1	448351,2	189738,36	258612,84	23510,25
2	448351,2	189738,36	258612,84	2137,29
3	448351,2	189738,36	258612,84	194,29
4	448351,2	189738,36	258612,84	17,66
5	448351,2	189738,36	258612,84	1,60
Tasa de descuento	<i>i</i> = 10%	$VAN = -Inv + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^j}$		742 711.12

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

El VAN calculado resulta en un valor mayor a cero debido a esta razón, se espera que la ejecución de este proyecto genere beneficios económicos para la empresa.

#### • Cálculo de TIR

La tasa interna de retorno (TIR) es un indicador de la tasa de rentabilidad que se presenta al ejecutar un proyecto. Esto se analiza mediante los siguientes criterios, donde "i" es la tasa de descuento de flujos elegida en el cálculo de VAN:

$TIR > i$ : La tasa de rendimiento interno es mayor a la tasa mínima de rentabilidad, el proyecto de inversión es aceptado.

$TIR = i$ : El proyecto de inversión debería llevarse a cabo en caso de mejorar la posición competitiva de la empresa.

$TIR < i$ : Al no alcanzar la rentabilidad mínima establecida, el proyecto de inversión se rechaza. Para simplificar el cálculo de la Tasa Interna de Retorno, se emplea Excel, utilizando la fórmula " $= TIR (valores, [estimar])$ ", se registran los datos que se encuentran en la última columna de la tabla de valores estimados para el VAN, incluyendo el valor de la inversión inicial. Siendo el valor resultante el siguiente.

$$TIR = 1672\%$$

- **Cálculo de PDR**

El período de recuperación (PDR) permite determinar el tiempo estimado en el que se recupera la inversión inicial, y se empiezan a generar ganancias gracias al proyecto de inversión.

**Tabla 35-3:** Cálculo del período de recuperación

Período (año)	Flujo de caja	Flujo acumulado
0	-13 986	-13 986
1	258 612,84	244626,84
2	258 612,84	503 239,68

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Se realiza el cálculo de PDR mediante la siguiente ecuación:

$$PDR = \text{Último período acumulado negativo} + \frac{|\text{Último Flujo acumulado negativo}|}{\text{Flujo de caja del año siguiente}}$$

$$PDR = 0 + \frac{|-13\,986|}{244\,626,84}$$

$$PDR = 0,058 \text{ años} \equiv 1 \text{ mes}$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Resultados de la caracterización de la materia prima (leche cruda)

Después de realizar los análisis para la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche cruda de vaca empleada como materia prima para el proceso de elaboración de yogur, se observa que los resultados obtenidos se hallan dentro de los límites establecidos en la norma técnica **NTE INEN 9:2012. Leche Cruda. Requisitos**, esto demuestra que la leche cruda que se receipta, enfría y almacena en la planta de acopio “San Rafael” es apta para su empleo como materia prima en el procesamiento de yogur. Los resultados obtenidos se expresan en la tabla 1-4, tabla 2-4 y tabla 3-4. Ver anexo C.

**Tabla 1-4:** Caracterización fisicoquímica de la leche cruda

Requisitos	Unidad	Mín.	Máx.	Método	Resultado
Densidad relativa a 15 °C	-	1,029	1,033	NTE INEN 11	1,030
a 20 °C	-	1,028	1,032	NTE INEN 11	1,032
Materia grasa	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	3,0	-	NTE INEN 12	3,2
Acidez titulable como ácido láctico	% (fracción de masa)	0,13	0,17	NTE INEN 13	0,13
Sólidos totales	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	11,2	-	NTE INEN 14	13,23
Sólidos no grasos	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	8,2	-	-	8,31
Cenizas	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	0,65	-	NTE INEN 14	0,72
Proteínas	% (fracción de masa) <sup>4</sup>	2,9	-	NTE INEN 16	2,94

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 2-4:** Análisis microbiológicos de la materia prima

Requisito	Límite máximo	Ensayo	Resultado
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529-5	2 x 10 <sup>5</sup>

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

En cuanto a los análisis fisicoquímicos realizados a la leche cruda de vaca se obtuvieron los siguientes resultados; la densidad relativa a 15 °C tuvo un valor de 1,030 mismo que se encuentra dentro de los límites permisibles en los cuales el valor mínimo es 1,029 y el máximo 1,033; la densidad relativa a 20 °C tuvo un valor de 1,032 que se encuentra dentro de los límites que corresponden a valores entre 1,028 y 1,032; en cuanto a la materia grasa se obtuvo un valor de 3,2 % siendo el límite mínimo 3,0%; la acidez titulable como ácido láctico mostró un resultado de 0,13% valor que se encuentra dentro de los límites 0,13% y 0,17%; los sólidos totales alcanzaron un valor de 13,23% siendo el límite mínimo de 11,2%; el contenido de sólidos no grasos refleja un valor de 8,31 % siendo el valor mínimo 8,2%; las cenizas presentes en la muestra analizada corresponden a un 0,72% valor que se encuentra sobre el límite mínimo que corresponde a 0,65%; finalmente el valor de proteínas lácteas es de 2,94% siendo el límite mínimo 2,9%. Al observar los resultados obtenidos en cada prueba y compararlos con los límites establecidos en la normativa correspondiente, evidencia que la leche cruda proveniente de la planta de acopio de leche “San Rafael”, cumple con los parámetros establecidos.

Al comparar los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos realizados a las muestras de leche cruda con la normativa establecida, se determina que la leche cruda de vaca es apta para su procesamiento, ya que se observa un valor de 2 x 10<sup>5</sup> UFC/cm<sup>3</sup> en la prueba para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos, siendo este un valor menor al límite máximo que corresponde a 1,5 x 10<sup>6</sup> UFC/cm<sup>3</sup>.

#### **4.2. Resultado de variables y operaciones del proceso de elaboración de yogur**

Los ensayos a escala de laboratorio permitieron establecer las variables que se deben controlar en el proceso de elaboración de yogur, es imprescindible el control de dichas variables para garantizar la calidad e inocuidad esperadas en el producto elaborado, la presencia de desviaciones en cuanto a los parámetros establecidos para las variables podría ocasionar alteraciones en el proceso y por lo tanto en los resultados de la operación. Además, de las variables, también se establecen las operaciones que conforman el proceso de elaboración de yogur, siendo indispensable el control en cada etapa para garantizar calidad al consumidor que adquiere el producto terminado y para asegurar en la empresa su crecimiento y productividad. A

continuación, se detallan las operaciones y variables establecidas para el procesamiento de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael”.

**Tabla 3-4:** Operaciones y variables del proceso de elaboración de yogur

<b>Etapa del proceso</b>	<b>Variable</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Punto de control</b>
Recepción de la materia prima	-	-	-
Control de calidad de materia prima	pH	Potenciómetro	6,4 - 6,5
	Temperatura	Termómetro	18 °C
Estandarización	Temperatura	Termómetro	32 °C
	Temperatura	Termómetro	36 °C
Pasteurización	Temperatura	Termómetro	80 °C
	Tiempo	Cronómetro	10 min
Enfriamiento	Temperatura	Termómetro	45 °C
Inoculación	Cultivo de bacterias	Balanza analítica	3 g
Fermentación	Temperatura <sub>1</sub>	Termómetro	45 °C
	Tiempo <sub>1</sub>	Cronómetro	10 min
	Temperatura <sub>2</sub>	Termómetro	17 – 18 °C
	Tiempo <sub>2</sub>	Cronómetro	10 h
Enfriamiento	Temperatura	Termómetro	18°C
	pH	Potenciómetro	4,5
Batido	Conservante	Balanza analítica	7,5 g
	Colorante	Balanza analítica	2 g
	Saborizante	Pipeta volumétrica	2 ml
Envasado y almacenamiento	Temperatura	Termómetro	4°C

**Realizado por:** Shagñay, H. 2022.

La recepción de materia prima constituye la primera etapa del proceso de elaboración de yogur, la leche cruda receptada proviene de varios productores ganaderos del sector y se almacena en tanques de recepción de acero inoxidable permitidos para alimentos, posteriormente se realiza la filtración de la leche para separar cualquier impureza que podría contener. A continuación, se realiza el control de calidad de la leche, las variables a controlar en esta etapa son el pH entre 6,4 y 6,5 y la temperatura a 18°C, además se toman las muestras suficientes para realizar la

caracterización fisicoquímica y microbiológica de la materia prima en un laboratorio certificado, en caso de cumplirse con los parámetros que se establecen en la normativa correspondiente, se continúa con su procesamiento.

La siguiente etapa del proceso es la estandarización, en esta etapa se pretende elevar el contenido de sólidos totales de la leche cruda, mediante la adición de leche en polvo a una temperatura de 32 °C, además, en esta etapa también se adiciona azúcar a una temperatura de 36 °C, las temperaturas antes indicadas son las variables por controlar en esta operación. En la pasteurización, se controla la temperatura que debe alcanzar los 80 °C, temperatura a la que debe permanecer por un tiempo de 10 minutos.

Posterior a esta etapa se ejecuta el enfriamiento, disminuyendo la temperatura de la mezcla hasta los 45 °C, que constituye la variable a controlar. La inoculación del cultivo de bacterias ácido-lácticas se realiza a la temperatura de 45 °C, que genera las condiciones idóneas para que se reproduzcan los microorganismos productores de yogur, durante el proceso de fermentación se debe mantener esa misma temperatura durante un tiempo de 10 minutos, posterior a ello se cierra herméticamente el fermentador, se apaga la fuente de calor y se mantiene en esas condiciones durante 10 horas hasta que fermente la mezcla.

En la siguiente etapa ocurre el enfriamiento que se realiza con la finalidad de detener la actividad de los microorganismos y prevenir una sobre acidificación, además en esta etapa se mide el pH que debe encontrarse en un valor de 4,5. En el mismo equipo fermentador, se realiza la operación de batido, añadiendo las cantidades indicadas de conservante, colorante y saborizante, que proveerán de ciertas características organolépticas al yogur.

Finalmente, se realiza el envasado en envases con una capacidad de 250 ml, previamente esterilizados, mediante una envasadora automática, y se etiqueta cada unidad producida, esta etapa es fundamental tanto para conservación y garantía de la inocuidad del producto como para su presentación al consumidor. Las unidades producidas se almacenan a una temperatura de 4°C.

#### **4.3. Resultados de los cálculos de ingeniería**

Al realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso industrial de elaboración de yogur en la planta de acopio de leche “San Rafael”, se desarrollaron los balances de masa y energía del proceso en las principales etapas del mismo, que son la pasteurización y fermentación, en la etapa de pasteurización ocurre pérdida por evaporación de un 10% debido a que se eleva la temperatura a 80 °C, en el caso de la etapa de fermentación no se evidencian pérdidas por evaporación, al realizar todos los cálculos en el balance de masa se obtiene un 90%, debido a que el proceso de elaboración de yogur no genera residuos.

Además, se llevó a cabo el cálculo para el diseño de algunos equipos que la planta de acopio de leche requiere, como son el tanque de recepción, marmita, fermentador y caldero. Esto debido a que la planta no cuenta con la línea de ningún producto lácteo, ya que su única actividad comercial es la recepción y enfriamiento de la leche para su entrega a empresas de manufactura de lácteos. Las dimensiones y otras especificaciones que estos equipos requieren se presentan en la tabla 4-4.

**Tabla 4-4:** Especificaciones de los equipos diseñados

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
<b>Tanque de recepción</b>			
Volumen del tanque	$V_0$	1,8	$m^3$
Altura del tanque	$h_0$	1,91	m
Área del tanque	$A_0$	6,54	m
<b>Marmita</b>			
Volumen adicional	X	0,225	$m^3$
Volumen total	$V_t$	1,725	$m^3$
Diámetro de la marmita	$\emptyset$	1,079	m
Radio de la marmita	r	0,54	m
Altura de la marmita	h	1,07	m
Diámetro de la chaqueta	$\emptyset_{ch}$	0,1079	m
Área de transferencia de Calor	A	3,63	$m^2$
Gradiente de Temperatura	$\Delta T$	35	$^{\circ}C$
Calor producido por el agua	$Q_{H_2O}$	17,64	$K_{cal}/h$
Flujo de Calor del metal	$Q_M$	2366,41	$K_{cal}/h$
Balance de Energía	Q	2390,1	$K_{cal}/h$
Coeficiente Global de transferencia de Calor	U	21,87	$J/m^2.s.^{\circ}C$
Diámetro del serpentín	$D_s$	0,86	m
Altura del serpentín	$H_s$	0,749	m
Separación entre espiras adyacentes	e	0,051	m
Numero de vueltas del serpentín	$n_s$	16	-
Longitud del serpentín	$L_s$	43,23	m
Área de transferencia del serpentín	$A_s$	1,72	$m^2$
<b>Fermentador</b>			
Volumen	$V_t$	1,44	$m^3$
Diámetro	D	1,30	m
Altura	H	0.48	m

Área	A	7,963	m <sup>2</sup>
Diámetro de las paletas	D <sub>p</sub>	0,433	m
Distancia mínima entre paletas y piso	E <sub>p</sub>	0,433	m
Altura de las paletas	W <sub>p</sub>	0,087	m
Ancho de las paletas	L <sub>p</sub>	0,1082	m
Potencia del agitador	P	0,25	Hp
Altura del serpentín	H <sub>s</sub>	0,91	m
Diámetro del serpentín	D <sub>s</sub>	1,04	m
Longitud del serpentín	L <sub>s</sub>	62,08	m
Número de espiras	n <sub>s</sub>	19	-
Separación entre espiras adyacentes	e	0.05	m
Área de transferencia	A <sub>s</sub>	2,47	m
<b>Caldero</b>			
Gasto Volumétrico de Agua	$\dot{V}$	0,316 x 10 <sup>-3</sup>	m <sup>3</sup> /s
Gasto masa de agua que queda	$\dot{m}_{agua}$	0,3118	Kg/s
Calor suministrado al agua	$\dot{Q}$	47,104	KW
Masa del aire	m <sub>aire</sub>	2553,75	Kg
Masa de combustible	m <sub>comb</sub>	170	Kg
Relación Aire Combustible	AC	15.03	Kg <sub>aire</sub> /Kg <sub>comb</sub>
Potencia de la caldera	Pu	295.19	KW

**Realizado por:** Shagñay, H. 2022.

El dimensionamiento de equipos e instalaciones de la planta son algunos de los aspectos de mayor importancia en un diseño ingenieril. Por esto, además de las dimensiones especificadas, se recomienda que el material para construcción de los equipos sea el acero inoxidable 304 que es uno de los grados que comúnmente se utiliza en la industria alimentaria.

A su vez se presentó la formulación final que deberá contener el yogur a ser elaborado por la planta de acopio, que cuenta como materia prima con la leche cruda que allí se receipta y además contiene leche en polvo, azúcar, cultivo de bacterias ácido-lácticas, conservante, saborizante y colorante, componentes que permiten obtener un producto de calidad y con las características organolépticas esperadas.

En cuanto a la capacidad de producción según los cálculos realizados será de 5661 unidades diarias con una capacidad de 250 ml por cada yogur producido, también se determinaron las áreas con las que debe contar el centro de acopio de leche “San Rafael” para incluir la línea de procesamiento de yogur a sus actividades. Finalmente se especificó cuáles son los materiales y equipos que requiere la planta tanto para el procesamiento como para su control.

#### 4.4. Resultados de la validación del proceso de obtención de yogur

Una vez diseñado el proceso de elaboración de yogur, se valida este proceso mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del producto final, obtenido en los ensayos a escala de laboratorio que simulan su procesamiento a escala industrial, en base a la norma **NTE INEN 2395:2011; Leches fermentadas. Requisitos**. Gracias a la ejecución de estos análisis se comprueba que el yogur presenta valores que se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la normativa indicada. A continuación, se detallan los resultados obtenidos en los análisis llevados a cabo en un laboratorio certificado. Ver anexo B.

**Tabla 5-4:** Resultados de los análisis fisicoquímicos realizados al yogur

Requisitos	Mín. %	Máx. %	Método	Resultados
Contenido de grasa	2,5	-	NTE INEN 12	3,12
Proteína, % m/m	2,7	-	NTE INEN 16	2,75
Presencia de adulterantes	Negativo	Negativo	NTE INEN 1500	Negativo

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 6-4:** Resultados de cantidad de microorganismos específicos en yogur

Microorganismo	Concentración mínima (UFC/g)	Resultados
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para cada producto	$10^7$	$1 * 10^7$
Bacterias probióticas	$10^6$	$1 * 10^6$

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

**Tabla 7-4:** Requisitos microbiológicos para yogur

Requisito	n	M	M	c	Método de ensayo	Resultados
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7	Ausencia
Recuento de E. coli, UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8	Ausencia
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10	$1 * 10^3$

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

En la caracterización fisicoquímica del yogur, se realizaron los análisis correspondientes a las determinaciones establecidas en la normativa correspondiente, al ejecutar los análisis de contenido de grasa se obtuvo un 3,12% valor que se encuentra sobre el límite mínimo que corresponde a 2,5%; en la prueba de porcentaje de proteína se encontró un valor de 2,75% valor que se encuentra sobre el límite mínimo que es 2,7%; además, se verificó que no existe la presencia de adulterantes.

En los análisis microbiológicos del yogur, se comprobó la ausencia de coliformes totales, y la prueba arrojó un resultado negativo para el recuento de E. coli, finalmente se presentó un  $1 \cdot 10^3$  UFC/g en el recuento de mohos y levaduras realizado, sin embargo, este valor se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos en la norma.

#### 4.5. Resultados de viabilidad económica del proyecto

El análisis costo/beneficio del proyecto se llevó a cabo con la finalidad de comprobar la viabilidad que tiene la ejecución del proyecto para la planta de acopio de leche “San Rafael”, para esto se ha realizado el cálculo de indicadores de rentabilidad de negocios, como son el Valor Actual Neto o VAN, la Tasa Interna de Retorno o TIR y el Período de Recuperación o PDR. Los valores obtenidos para cada uno se detallan en la tabla 8-4.

**Tabla 8-4:** Indicadores de viabilidad económica del proyecto

Indicador	Valor obtenido
VAN	\$ 742 711,12
TIR	1672 %
PDR	1 mes

Realizado por: Shagñay, H. 2022.

Al observar los valores resultantes del cálculo de los indicadores, se verifica la viabilidad de realizar la implementación del proceso de elaboración de yogur dentro de la planta de acopio de leche, ya que los resultados obtenidos demuestran que incrementar esta línea de proceso resultará rentable para la empresa, el análisis de los valores resultantes es el siguiente; el valor de VAN es mayor a cero, esto indica que de llevarse a cabo el proyecto de inversión generará beneficios, el valor de TIR es mayor a “i”, esto indica que la tasa de rendimiento interno es mayor a la tasa mínima de rentabilidad y finalmente el cálculo del PDR determina que es posible recuperar la inversión fija durante el primer mes de ventas de las unidades producidas. También se determinó que el costo que tiene la elaboración de yogur para la planta, por cada envase de 250 ml, es de \$0,22 mientras que el PVP es de \$0,55, lo cual representa una ganancia del 60% por unidad.

## CONCLUSIONES

La caracterización físico-química y microbiológica de la leche cruda de vaca, que se recoge y almacena en la planta de acopio de leche “San Rafael”, se realiza en base a lo establecido en la NTE INEN 9:2008; Leche cruda, requisitos, obteniéndose los siguientes resultados: 1,030 de densidad relativa a 15 °C; 1,032 densidad relativa a 20 °C; 3,2% de materia grasa, 0,13% de acidez titulable como ácido láctico; 13,23% de sólidos totales, 8,31% de sólidos no grasos, 0,72% de cenizas, 2,94% de proteínas. En cuanto a las pruebas microbiológicas se realizó el recuento de microorganismos aerobios mesófilos obteniendo un valor de  $2 \times 10^5$ . Los valores resultantes en cada una de las determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa correspondiente.

Los ensayos a nivel de laboratorio para la producción de yogur permitieron determinar las operaciones requeridas dentro de este proceso, las cuales son: recepción de materia prima, control de calidad, estandarización, pasteurización, enfriamiento, inoculación, fermentación, batido, envasado, etiquetado y finalmente el almacenamiento a temperatura de refrigeración; además, se establecieron las variables y parámetros a controlar en cada etapa del proceso, entre las cuales se incluyen: tiempo, temperatura, cantidad de aditivos y pH.

Se realizó el diseño de ingeniería que incluye varios aspectos como los cálculos para el balance de masa y energía en las etapas de pasteurización y fermentación, el diseño de equipos necesarios para la elaboración de yogur como: tanque de recepción, marmita, fermentador y caldero, la formulación del producto, la distribución de la planta y capacidad de producción que consiste en la elaboración diaria de 5661 unidades de yogur con una capacidad de 250 ml.

La validación del producto se ejecutó mediante la caracterización fisicoquímica y microbiológica del yogur según las determinaciones establecidas en la NTE INEN 2395:2011. Leches fermentadas. Requisitos, las pruebas respectivas fueron realizadas por el laboratorio de agua y alimentos SAQMIC, obteniendo estos valores: 3,12% de contenido de grasa; 2,75% de proteína; negativo en presencia de adulterantes,  $1 \times 10^7$  UFC/g de *Lactobacillus bulgaricus*; ausencia de coliformes totales y recuento de *E. coli*. Mediante estos resultados obtenidos se verifica que cada parámetro se encuentra dentro de los límites exigidos en la normativa correspondiente.

El análisis costo-beneficio del proyecto se realizó considerando la inversión inicial, los egresos e ingresos que la planta de acopio de leche “San Rafael” afrontará anualmente en caso de llevarse a cabo la implementación de este proceso, calculando también el costo de producción por unidad que resulta en \$ 0,22 y el PVP con una ganancia del 60% a \$ 0,55. Además, se determinaron algunos indicadores de viabilidad económica del proyecto gracias a los cuales se confirma la rentabilidad económica que esta inversión traería para la empresa, evidenciando que el período de recuperación de capital invertido será en el primer mes de producción.

## **RECOMENDACIONES**

El procesamiento de yogur debe llevarse a cabo bajo los principios de las Buenas Prácticas de Manufactura, con el objetivo de garantizar la calidad e inocuidad del producto ofrecido al consumidor.

La formulación establecida para la elaboración de yogur debe mantenerse en cada lote producido, verificando las cantidades de materia prima, aditivos e insumos empleados en el proceso de obtención de yogur. Además, la calidad de estos debe ser la idónea.

El control de variables resulta indispensable en cada etapa del proceso.

Las instalaciones, los equipos y materiales deben permanecer limpios y en óptimas condiciones, además el personal que opera el proceso debe contar con el EPP indicado en la industria de alimentos.

Las capacitaciones al personal de la planta de acopio de leche “San Rafael” deben ser frecuentes con la finalidad de instruirlos acerca de temas de producción, calidad, inocuidad, entre otros.

## GLOSARIO

**Bacteria ácido-láctica:** son microorganismos benéficos que presentan varias aplicaciones, entre las principales se encuentra la fermentación de alimentos como la leche, carne, vegetales, en la producción de alimentos procesados como yogur, queso, embutidos, entre otros. Contribuyen a la biopreservación de alimentos, mejoran las características sensoriales e incrementan su calidad nutritiva (Ramírez, 2017, p.1).

**Cultivo:** corresponde al crecimiento microbiano en un medio nutritivo que puede ser sólido o líquido; el aumento del número de microorganismos facilita su identificación (Vazquez, 2020, p.54).

**Fermentación:** es un proceso de naturaleza bioquímica, que consiste en la transformación que sufre la materia orgánica debido a la acción de enzimas segregadas por microorganismos (Moreno y Gema, 2019, p.2).

**Formulación:** consiste en la representación de los elementos que forman un compuesto o producto elaborado y la proporción en que se encuentran (Paucar, 2017, p.68).

**Inoculación:** consiste en la introducción voluntaria o accidental, de un organismo beneficioso o patógeno en otro organismo o en el medio, existen varios métodos de inoculación (Rodríguez, 2019, p.21).

**Marmita:** recipiente de metal que posee tapa herméticamente ajustada, empleada principalmente para cocinar alimentos (Cortés, 2007, p. 34).

**Probiótico:** son organismos vivos adicionados a alimentos o bebidas que permanecen activos en el intestino en la cantidad necesaria para alterar el microbiota intestinal del huésped, tanto por implantación como por colonización (Garrote, 2017, p.23).

**Proteínas:** biomoléculas que desempeñan un papel fundamental en el organismo. Son esenciales para el crecimiento, gracias a su contenido de nitrógeno, que no está presente en otras moléculas como grasas o hidratos de carbono (Monsalve, 2005, p.45).

## BIBLIOGRAFÍA

**CALLEJAS, Judith; et al.** “Caracterización físico química del lactosuero Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo”. [en línea], 2012, (Universidad de Guanajuato Guanajuato, México) 22(1), pp. 11-18. [Consulta: 23 noviembre 2021]. ISSN 0188-6266. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41623193002.pdf>

**CLAVIJO, Jadira.** Estudio de factibilidad para la elaboración y distribución de yogurt artesanal para microempresas en la ciudad de Guayaquil. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Internacional del Ecuador, Guayaquil, Ecuador. 2014. pp. 1-119. [Consulta: 13 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1571/1/T-UIDE-103.pdf>

**CODEX 243-2003.** *Leches fermentadas aromatizadas.*

**CORONEL MENDIGURI, Jorge James.** Diseño, implementación y optimización de un Sistema de Control de Temperatura para el Proceso de Fermentación en la Elaboración de Yogur. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez, Juliaca, Perú. 2018. pp. 1-210. [Consulta: 02 noviembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1699>

**CORTÉS, J.** *Seguridad e Higiene del Trabajo Técnicas de Prevención de Riesgos Laborales.* [en línea]. México: Tébar Flores, S.L., 2012. ISBN: 978-84-7360-499-4. [Consulta: 20 septiembre 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3txsAgQ>

**FERNÁNDEZ, Elena; et al.** “Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche”. *Nutrición Hosp.* [en línea], 2015, (Madrid) 31(1), pp. 92-101. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>

**Garrote, A., y Bonet, R.** Probióticos. *Farmacia Profesional* [en línea], 2017, (United State of America). 31(2), pp. 13-16. Consulta: [21 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-probioticos-X0213932417608720>

**GUARACA PINO, Evelyn Cristina.** Implementación de una guía técnica para la pasteurización de leche y evaluación de su efectividad mediante análisis microbiológico en la planta de lácteos “VIGLAC” ubicada en el cantón Tambo [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2019. pp. 1- 26. [Consulta: 23 junio 2021]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33798>

**HEREDIA, J.** Composición de la leche de vaca. [Blog]. 2005. [Consulta: 02 enero de 2021]  
Disponible en: <http://veterinaria.vacuno.com>

**HUAYLLASACA, Ligia.** Estandarización de procesos de productos lácteos mediante el desarrollo de fichas técnicas [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Las Américas, Quito, Ecuador. 2018. pp. 20-23. [Consulta: 20 enero de 2022]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10457>

**HUAYTA SOCANTAYPE, Edy Noel.** Perfil de la instalación de una planta para la elaboración de yogur. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima. 2015. pp. 1-49. [Consulta: 13 marzo de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2056>

**LERCHE, Martín.** *Inspección veterinaria de la leche*. Ed Acribia. Zaragoza España, 1.69; p 188.

**MARCANI GUTIERREZ, Mary Gimena.** Elaboración de yogurt fortificado a base de diferentes concentraciones de chía (*salvia hispánica l.*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 2020. pp. 1-123. [Consulta: 20 enero de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25331>

**MENDOZA NIEVE, Antonio.** Influencia de la acidez del yogurt y la temperatura de almacenamiento en la viscosidad del yogurt batido [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Perú. 2015. pp. 1-101. [Consulta: 20 mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unajma.edu.pe/handle/123456789/211>

**MONROY, Samara.** Cuál es el tipo de yogur más saludable. El Universal [Blog]. 2018. [Consulta: 20 mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/menu/cuantos-tipos-de-yogur-hay-y-cual-es-el-mejor>

**MORENO, GEMA. 2019.** CEUPE magazine. [Blog]. 2019. [Consulta: 21 de Mayo de 2021]  
Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-fermentacion.html>

**NTE INEN 0004-1984.** *Leche y productos lácteos. Requisitos.*

**NTE INEN 0004-1984.** *Leche y productos lácteos. Muestreo.*

**NTE INEN 2395-2011.** *Leches fermentadas. Requisitos.*

**NTE INEN 9-2012.** *Leche cruda. Requisitos.*

**NTE INEN -2018.** *Leche cruda. Requisitos.*

**BENÍTEZ PRECIADO, Jonnathan Patricio.** Optimización de los procesos para el control de la materia prima de la empresa INESARPE SA [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. 2016. pp. 1-57. [Consulta: 20 mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/7826>

**PAUCAR, Román.** Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de yogurt frutado de guanábana con chia [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Lima, Perú. 2021. pp. 1-74. [Consulta: 25 julio de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13222>

**PERIGO, Carlos.** “El control de calidad de los alimentos” [en línea], 2006, (Argentina) 127(2), pp. 199-205. [Consulta: 20 agosto 2021]. ISSN: 1669-8584. Disponible en: <https://fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/10AM18.htm>

**QUINZO GÓMEZ, Kelly Paola.** Desarrollo de una fórmula para elaborar yogur artesanal de dos sabores : aguacate (*Persea americana Mill*) y ciruela (*Spondias purpurea L.*) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2019. pp. 1-93. [Consulta: 25 marzo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12537>

**RAMÍREZ, José; et al.** Bacterias láctica, importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Fuente Año* [En línea] 2017. (Nayarit, México) 2(7). pp.1-16. [Consulta: 25 marzo de 2021] ISSN ISSN 07-0713. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>

**RAMÍREZ, Santiago.** *La química del yogurt.* [Blog] 2018. [Consulta: 18 enero de 2022] Disponible en: <https://comercialgodo.com/la-quimica-del-yogurt/#.YPRPeuhKjIU>

**RIOS ARANCIBIA, Carlos Daniel.** Efecto del cultivo láctico sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y aceptabilidad general en yogurt batido de leche de cabra (*capra hircus*) saborizado .) [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Trujillo, Perú. 2018. pp. 1-75. [Consulta: 25 septiembre de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4376>

**RODRÍGUEZ, Orlando.** *Traducción y terminología médica. Infomed* [Blog]. 2014. [Consulta: 18 mayo de 2021]. Disponible en: <https://temas.sld.cu/traduccion/2014/09/15/inoculacion-2/>

**SÁNCHEZ, M.** *Cinco tipos de yogur ordenados según su contenido calórico. El Español.* [Blog]. 2019. [Consulta: 18 mayo de 2021]. Disponible en: <https://bit.ly/3O8tgkC>

**SERIES AGROALIMENTARIAS.** *Industria de la leche, cuaderno de calidad.* [Blog] 2017. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B0404e/B0404e.pdf>

**TELLO, Gloria.** *Fermentación láctica.* [Blog] 2018. [Consulta: 21 de Mayo de 2021] Disponible en: <http://www.laanunciataikerketa.com/trabajos/yogur/fermentacion.pdf>

**TINOCO VALERIO, Marilin Milagros.** Determinación de la vida útil de una bebida fermentada tipo yogurt a base de lactosuero con harina de tocosh y (*annona muricata*) guanábana [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. 2009. pp. 1-214. [Consulta: 23 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3808>

**VALENCIA, Julio.** *Industrias alimentarias. Proceso de producción de yogurt a nivel industrial.* [Blog] 2017. [Citado el: 30 de Enero de 2021.] Disponible en: <http://inds-alimentarias.blogspot.com/2017/07/proceso-de-produccion-de-yogurt-nivel.html>

**VAZQUEZ, María.** *Manual MSD. Wellington Regional Medical Center* [Blog]. 25 de Junio de 2020. [Consulta: 16 mayo de 2021]. Disponible en: <https://msdmnls.co/3QfHulz>

**ZAFERSON QUIROZ, Victor Willians.** Optimización del proceso de cultivo de bacterias durante la elaboración de yogurt para productores artesanales [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad Nacional De San Agustín, Arequipa, Perú. 2019. pp. 1-118. [Consulta: 03 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9584>

**ANEXOS**

**ANEXO A: NTE INEN 9:2008. LECHE CRUDA. REQUISITOS**

**INEN**  
INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN  
Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**      **NTE INEN 9: 2008**  
**Cuarta Revisión**

---

**LECHE CRUDA. REQUISITOS.**

Primera Edición  
RAW MILK SPECIFICATIONS  
First Edition

---

DESCRIPCIÓN: Leche y productos lácteos, leche cruda, requisitos  
AL 03-01-001  
CDU: 637.133.4  
CIS: 67.100.10

**INEN**  
INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

**LECHE CRUDA. REQUISITOS.**

**NTE INEN 9:2008**  
Cuarta revisión  
2008-12

**1. OBJETO**

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda de vaca.

**2. DEFINICIONES**

2.1 **Leche cruda.** Es el producto de la secreción normal de las glándulas mamarias, obtenida a partir del ordeño íntegro e higiénico de vacas sanas, sin adición ni sustracción alguna, exento de calcio y libre de materias extrañas a su naturaleza, destinado al consumo en su forma natural o a elaboración ulterior (Ver Nota 1).

**3. CLASIFICACIÓN**

3.1 Según el recuento estándar en placa úctim<sup>3</sup> de microorganismos aerobios mesófilos, determinado de acuerdo a la NTE INEN 1529-5, la leche cruda se clasifica en las siguientes cuatro categorías (ver tabla 3):

a) Categoría A (buena)  
b) Categoría B (regular)  
c) Categoría C (mala)  
d) Categoría D (muy mala)

**4. DISPOSICIONES GENERALES**

4.1 La leche cruda se considera no apta para consumo humano cuando:

4.1.1 No cumple con los requisitos establecidos en el Capítulo 5 de la presente norma.  
4.1.2 Es obtenida de animales cansados, deficientemente alimentados, desnutridos, enfermos o manipulados por personas afectadas de enfermedades infecciosas.  
4.1.3 Contiene sustancias extrañas ajenas a la naturaleza del producto como: conservantes (formaldehído, peróxido de hidrógeno, hipocloritos, cloraminas, dicromato de potasio, lactoperoxidasas adicionadas), adulterantes (harinas, almidones, sacarosa, cloruro, suero de leche, grasas vegetales), neutralizantes, colorantes y antibióticos, en cantidades que superen los límites indicados en la tabla 1.  
4.1.4 Contiene calostro, sangre, o ha sido obtenida en el período comprendido entre los 12 días anteriores y los 7 días posteriores al parto.  
4.1.5 Contiene gérmenes patógenos o un conteo microbiano superior al máximo permitido por la presente norma, tales microbios o residuos de pesticidas, medicamentos veterinarios y metales pesados en cantidades superiores al máximo permitido.  
4.2 La leche cruda después del ordeño debe ser enfriada, almacenada y transportada hasta los centros de acopio y/o plantas procesadoras en recipientes apropiados autorizados por la autoridad sanitaria competente.  
4.3 En los centros de acopio la leche cruda debe ser filtrada y enfriada, a una temperatura inferior a 10°C con agitación constante.  
4.4 Los límites máximos de pesticidas serán los que determine el Codex Alimentarius (volumen 2) y/o el USDA.

(Continúa)

NOTA 1: La denominación de leche cruda se aplica para la leche que no ha sufrido tratamiento térmico, salvo el de enfriamiento para su conservación, o la leche modificada alguna en sus composiciones.  
DESCRIPCIÓN: Alimento, productos lácteos, leche cruda, requisitos  
AL 03-01-001  
CDU: 637.133.4  
CIS: 67.100.10

**NTE INEN 9**      2008-12

4.5 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios serán los que determine el Codex Alimentarius (volumen 3) y/o el USDA.

**5. REQUISITOS**

**5.1 Requisitos Específicos**

5.1.1 Requisitos organolépticos (ver nota 2)  
5.1.1.1 Color. Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillento.  
5.1.1.2 Olor. Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.  
5.1.1.3 Aspecto. Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.  
5.1.2 Requisitos físicos y químicos

5.1.2.1 La leche cruda, debe cumplir con los requisitos físico-químicos que se indican en la tabla 1.  
5.1.3 Contaminantes. El límite máximo para contaminantes es el que se indica en la tabla 2.

**TABLA 2. Límites para contaminantes**

Contaminante	Límite Máximo	Método de ensayo
Plomo, mg/kg	0,02	AOAC – 97.25
Aluminio M1, mg/kg	0,5	AOAC – 980.21

5.1.4 Requisitos microbiológicos y TRAM para clasificación

5.1.4.1 Los requisitos microbiológicos y TRAM para clasificación se establecen en la tabla 3 y su validez está condicionada a la comprobación de la presencia de conservantes o neutralizantes.

**TABLA 3. Clasificación de la leche cruda de acuerdo al TRAM o al contenido de microorganismos**

Categoría	Tiempo de Reducción del Ajuar de Mesofilia (TRAM) NTE INEN 18	Contenido de microorganismos aerobios mesófilos REP UFIC <sup>2</sup> NTE INEN 1529-5
A (buena)	Más de 5 horas <sup>1</sup>	Hasta $5 \times 10^7$
B (regular)	De 2 a 5 horas	Desde $5 \times 10^7$ , hasta $1,5 \times 10^8$
C (mala) <sup>1</sup>	De 30 minutos a 2 horas	Desde $1,5 \times 10^8$ , hasta $5 \times 10^8$
D (muy mala) <sup>1</sup>	Menos de 30 minutos	Más de $5 \times 10^8$

1. La leche obtenida de vacas con conservantes por lo que se requiere su identificación según la NTE INEN 1529-5.  
2. Límites de categoría C y D no se aplica para su proceso.

**5.2 Requisitos complementarios**

5.2.1 El almacenamiento, empaque y transporte de la leche cruda debe realizarse de acuerdo a lo que señala el Reglamento de leche y productos lácteos.

NOTA 2: Se prohíben presentaciones en este carácter, en función de la raza, selección climática o alimentación, pero estas no deben afectar significativamente las características sensoriales indicadas.

(Continúa)

**NTE INEN 9**      2008-12

**TABLA 1. Requisitos físico - químicos de la leche cruda**

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX.	METODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15 °C	-	1,026	1,033	NTE INEN 11
a 20 °C	-	1,026	1,032	
Materia grasa	%(m/m)	3,2	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido lactico	%(m/m)	0,13	0,16	NTE INEN 13
Sólidos totales	%(m/m)	11,4	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	%(m/m)	8,2	-	*
Cenizas	%(m/m)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) <sup>1</sup>	°C	-0,530	-0,512	NTE INEN 15
	°H	-0,556	-0,530	
Proteínas	%(m/m)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reduccia (azul de metileno) <sup>2</sup>	h	2	-	NTE INEN 18
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 65 % en peso o 75 % en volumen			NTE INEN 1 500
Presencia de conservantes <sup>3</sup>	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Presencia de neutralizante <sup>4</sup>	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Presencia de adulterante <sup>5</sup>	-	Negativo	-	NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo	-	NTE INEN 3401
Suero de leche	-	Negativo	-	Prueba de anillo
Prueba de Brucelasis	-	Negativo	-	PA, (Ring Test) AOAC - 975.26
Conteo de células somáticas	-	-	750.000	-
Antibióticos: 5-Lactámicos Tetraciclinos	µg/l µg/l	- -	5 100	AOAC -988.08 16 Ed. Vol. 2

\* IC= 1/4. 1. donde F= 0,9658  
1. Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento  
2. Conservantes: formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasas adicionadas y - oxidado de este.  
3. Neutralizantes: citrato de sodio, carbonato, hidróxido de sodio, potasio.  
4. Adulterantes: fructosa, glicolona, reducciones asociadas e adiciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero, otros.  
5. Grasas vegetales.

**6. INSPECCIÓN**

6.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con la NTE INEN 4  
6.2 Aceptación o rechazo  
6.2.1 Se acepta el producto si cumple con los requisitos indicados en esta norma, caso contrario se rechaza.

**NOTAS:**

NTE INEN 9:2008. LECHE CRUDA. REQUISITOS

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

Aprobado       Preliminar  
 Certificado       Por aprobar  
 Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**  
REALIZADO POR:  
**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**NTE INEN 9:2008. LECHE CRUDA. REQUISITOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	A 1:1	2022-05-13

# ANEXO B: NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS

**INEN**  
INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN  
Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA** **NTE INEN 2395:2011**  
Segunda revisión

---

**LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS.**

Primera Edición

FRENTE MATERIAS. REQUISITOS.

Prim. Edición

---

**DESCRIPCIÓN:** Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos procesados, leche fermentada, requisitos.

AL 03 21 442  
CDU 637.146  
CIS 3112  
CIS 67.102.01

**INEN**  
NTE INEN 2395:2011  
Segunda revisión 2011-07

**LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS**

**1. OBJETO**

1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas, destinadas al consumo directo.

**2. ALCANCE**

2.1 Esta norma se aplica a las leches fermentadas naturales: yogur, káfir, kumis, leche cultivada o acidificada, leches fermentadas con ingredientes y leches fermentadas tratadas térmicamente.

2.2 No se aplican a las bebidas de leches fermentadas.

**3. DEFINICIONES**

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 **Leche Fermentada natural:** Es el producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, elaborada a partir de la leche por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrónica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de vencimiento. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables. Comprende todos los productos naturales, incluida la leche fermentada líquida, la leche acidificada y la leche cultivada y el yogur natural, en aromas ni colorantes.

3.1.2 **Producto natural:** Es el producto que no está aromatizado, no contiene frutas, hortalizas u otros ingredientes que no sean lácteos, ni está mezclado con otros ingredientes que no sean lácteos.

3.1.3 **Yogur:** Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias beneficiosas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. Puede ser adicionado o no de los ingredientes y aditivos indicados en esta norma.

3.1.4 **Káfir:** Es una leche fermentada con cultivos ácido lácticos elaborados con granos de káfir, *Lactobacillus káfir*, especies de géneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Acetobacter* con producción de ácido láctico, etano y dióxido de carbono. Los granos de káfir están constituidos por levaduras fermentadoras de lactosa (*Polymeromyces marianus*) y levaduras no fermentadoras de lactosa (*Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces exiguus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium sp.* y *Streptococcus salivarius subsp. Thermophilus*, por cuales deben ser viables y activos durante la vida útil del producto.

3.1.5 **Kumis:** Es una leche fermentada con *Lactobacillus Lactis subsp. cremoris* y *Lactococcus Lactis subsp. lactis*, los cuales deben ser viables y activos en el producto hasta el final de su vida útil, con producción de alcohol y ácido láctico.

3.1.6 **Leche cultivada o acidificada:** Es una leche fermentada por la acción de *Lactobacillus acidophilus* (leche acidificada) o *Bifidobacterium sp.*, u otros cultivos lácteos inoocis apropiados, los cuales deben ser viables y activos durante la vida útil del producto.

3.1.7 **Leche fermentada tratada térmicamente:** Es el producto definido en el numeral 3.1.1 y 3.1.2, que ha sido sometido a tratamiento térmico, después de la fermentación. Los cultivos de microorganismos no sean viables ni activos en el producto final.

(Continúa)

DESCRIPCIÓN: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos procesados, leche fermentada, requisitos.

-1- 2011-358

NTE INEN 2395 2011-07

5.2 Se permite el uso de otros leches diferentes a las de vaca, siempre que en la etiqueta se declare de qué mamífero procede.

5.3 Las leches fermentadas, deben presentar aspecto homogéneo, el sabor y olor deben ser característicos del producto fresco, en materias enteras, de color blanco cremoso u otro propio, resultante del color de la fruta o colorante natural añadido, de consistencia pastosa, textura lisa y uniforme.

5.4 A las leches fermentadas pueden agregarse, durante el proceso de fabricación, crema previamente pasteurizada, leche en polvo, leche evaporada, grasa láctea anhidra y proteínas lácteas.

5.5 Los residuos de medicamentos veterinarios y sus metabolitos no deben superar los límites establecidos por el Código Alimentario CAC/ALM/2 en su última edición.

5.6 Los residuos de plaguicidas, pesticidas y sus metabolitos, no deben superar los límites establecidos por el Código Alimentario CAC/ALM/1 en su última edición.

5.7 Se permite el uso de vitaminas, minerales y otros nutrientes específicos, de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 1534-2.

**6. REQUISITOS**

**6.1 Requisitos específicos**

6.1.1 A las leches fermentadas podrán añadirse: azúcares o edulcorantes permitidos; frutas frescas enteras o en trozos; jugos de frutas, frutas secas y otros preparadas a base de frutas. El contenido de fruta adicional no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final.

6.1.2 Se permite la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, ocos, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto.

6.1.3 La leche fermentada con frutas y hortalizas, al realizar el análisis hábitico deben presentar las características propias de la fruta u hortaliza adicionada.

6.1.4 Las leches fermentadas, ensayadas de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

**TABLA 1. Especificaciones de los leches fermentadas**

REQUISITOS	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENVEJO	
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %		
	Contenido de grasas	2,5	—	1,0	>2,5	—		>1,0
Proteína, % crm	—	—	—	—	—	—	NTE INEN 16	
En: yogur, káfir, kumis, leche cultivada	2,7	—	2,7	—	2,7	—	NTE INEN 16	
En: yogur, káfir, kumis	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0	NTE INEN 379	
En: káfir, leche	0,5	3,0	—	3,0	—	3,0	NTE INEN 379	
En: leche	0,5	—	0,5	—	0,5	—	NTE INEN 1500	
Presencia de: - bacterias - levaduras - mohos de leche	Negativo Negativo Negativo	Negativo Negativo Negativo	Negativo Negativo Negativo	Negativo Negativo Negativo	Negativo Negativo Negativo	Negativo Negativo Negativo	NTE INEN 1500 NTE INEN 2001 NTE INEN 2001	NTE INEN 1500 NTE INEN 2001 NTE INEN 2001

(Continúa)

-3- 2011-358

NTE INEN 2395 2011-07

6.1.5 Las leches fermentadas deben cumplir con los requisitos del contenido mínimo del cultivo del microorganismo específico: *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, según sea el caso, y de bacterias probióticas, hasta la fecha de vencimiento, de acuerdo con lo indicado en la tabla 2.

**TABLA 2. Cantidad de microorganismos específicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación**

PRODUCTO	Yogur, kumis, káfir, leche cultivada, leches fermentadas con ingredientes y leche fermentada concentrada	káfir y kumis
Mínimo	10 <sup>7</sup> UFC/g	Mínimo
Bacterias probióticas	10 <sup>7</sup> UFC/g	10 <sup>7</sup> UFC/g

6.1.6 **Requisitos microbiológicos**

6.1.6.1 Al análisis microbiológico correspondiente las leches fermentadas deben dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

6.1.6.2 Cuando se analicen muestras individuales se tomarán como valores máximos los expresados en la columna M.

**TABLA 3. Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación**

Requisito	n	m	M	c	Método de análisis
Cuñiformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-B
Recuento de E. coli, UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-B
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1525-10

En donde:  
n = Número de muestras a examinar.  
m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.  
M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.  
c = Número de muestras permitidas con resultado entre m y M.

6.1.6.3 Cuando se analicen muestras individuales se tomarán como valores máximos los expresados en la columna M.

6.1.6.4 Las leches fermentadas tratadas térmicamente y envasadas asepticamente deben demostrar esterilidad comercial de acuerdo a NTE INEN 2335.

6.1.7 **Aditivos.** Se permite el uso de los aditivos establecidos en la NTE INEN 2074 para estos productos.

6.1.8 **Contaminantes.** El límite máximo de contaminantes no deben superar los límites establecidos por el Código San 193-1995.

**6.2 Requisitos complementarios**

6.2.1 Las leches fermentadas, siempre que no se hayan sometido al proceso de esterilización, deben mantenerse en refrigeración durante toda su vida útil.

(Continúa)

-4- 2011-358

**NOTAS:**

NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

Aprobado     Preliminar

Certificado     Por aprobar

Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**REALIZADO POR:**

**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
2	1:1	2022-05-13

## ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FISIQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA LECHE Y YOGUR



**EXAMEN DE ALIMENTOS**

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS EN AGUA Y ALIMENTOS  
CÓDIGO DE LABORATORIO: 247-21

CLIENTE: Henry Shagñay  
TIPO DE MUESTRA: Leche cruda  
FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de agosto del 2021  
FECHA DE MUESTREO: 16 de agosto del 2021

**EXAMEN FÍSICO**  
COLOR: Característico  
OLOR: Característico  
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

**Análisis físico bromatológico de leche cruda.**

Determinación	Unidad	*Límites		Método	RESULTADO
		Mín.	Máx.		
Densidad relativa:	-				1.030
a 15 °C		1.029	1.033	NTE INEN 11	
a 20 °C		1.028	1.032	NTE INEN 11	1.032
Materia grasa	%	3.0	-	NTE INEN 12	3.2
Acidez titulable cumm ácido lático	%	0,13	0,17	NTE INEN 13	0.13
Sólidos totales	%	11.2	-	NTE INEN 14	13.23
Sólidos no grasos	%	8,2	-	-	9.93
Centrose	%	0,65	-	NTE INEN 14	0.72
Proteínas	%	2,9	-	NTE INEN 16	2.94

\* NTE INEN, 9/2012. Leche cruda, requemto.

**Análisis microbiológico de leche cruda**

Determinación	*Límite máx.	Ensayo	Resultado
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos (RPM, UFC/cm <sup>3</sup> )	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529-5	2*10 <sup>7</sup>

\* NTE INEN, 9/2012. Leche cruda, requemto.

RESPONSABLE TÉCNICO:  
  
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.



Aventida 9 de Octubre # 12 y Maestros  
Contactanos: (0998980374) 5-032 842 322  
Saqmíc Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

a)



**EXAMEN DE ALIMENTOS**

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y BIOTECNOLÓGICOS EN AGUA Y ALIMENTOS  
CÓDIGO DE LABORATORIO: 248-21

CLIENTE: Henry Shagñay  
TIPO DE MUESTRA: Yogurt  
FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de agosto del 2021  
FECHA DE MUESTREO: 16 de agosto del 2021  
FECHA DE ENTREGA: 24 de agosto de 2021

**EXAMEN FÍSICO**  
COLOR: Característico  
OLOR: Característico  
ASPECTO: Normal, libre de material extraño

**Análisis físico bromatológico de yogurt.**

Determinación	*Límites		Método	Resultado
	Mín. %	Máx. %		
Contenido de grasa	2.5	-	NTE INEN 12	3.12
Proteína, % mínimo	2.2	-	NTE INEN 16	2.25
Presencia de aditivos (Almidón)	Negativo	Negativo	NTE INEN 1500	Negativo

\*NTE INEN 2395:2017

**Análisis microbiológicos para yogurt**

Determinación	Método de ensayo	Resultado
Coliformos totales, UFC/g	NTE INEN 1529-7	Ausencia
Recuento de E. coli, UFC/g	NTE INEN 1529-8	Ausencia
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	NTE INEN 1529-10	Ausencia

RESPONSABLE TÉCNICO:  
  
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.



Aventida 9 de Octubre # 12 y Maestros  
Contactanos: (0998980374) 5-032 842 322  
Saqmíc Laboratorio  
Riobamba - Ecuador

b)

**NOTAS:**

- a. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche
- b. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del yogur

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado     Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

REALIZADO POR:  
**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**LABORATORIO DE SAQMIC**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
3	1:1	2022-05-13

**ANEXO D: PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR I**



c)



d)



e)

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<p align="center"> <b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b>  <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>  <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b>                  REALIZADO POR:  <b>HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO</b> </p>	<b>LABORATORIO DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH</b>		
c. Recepción de materia prima. d. Control de calidad. e. Estandarización.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información v <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			4	1:1	2022-05-13

**ANEXO E: PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR II**



**f)**



**g)**



**h)**



**i)**

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: <b>HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO</b>	<b>LABORATORIO DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH</b>		
f. Pasteurización. g. Enfriamiento. h. Pesaje del cultivo. i. Inoculación.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información v <input type="checkbox"/> Por calificar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			5	1:1	2022-05-13

**ANEXO F: PROCESO DE ELABORACIÓN DE YOGUR III**



**j)**



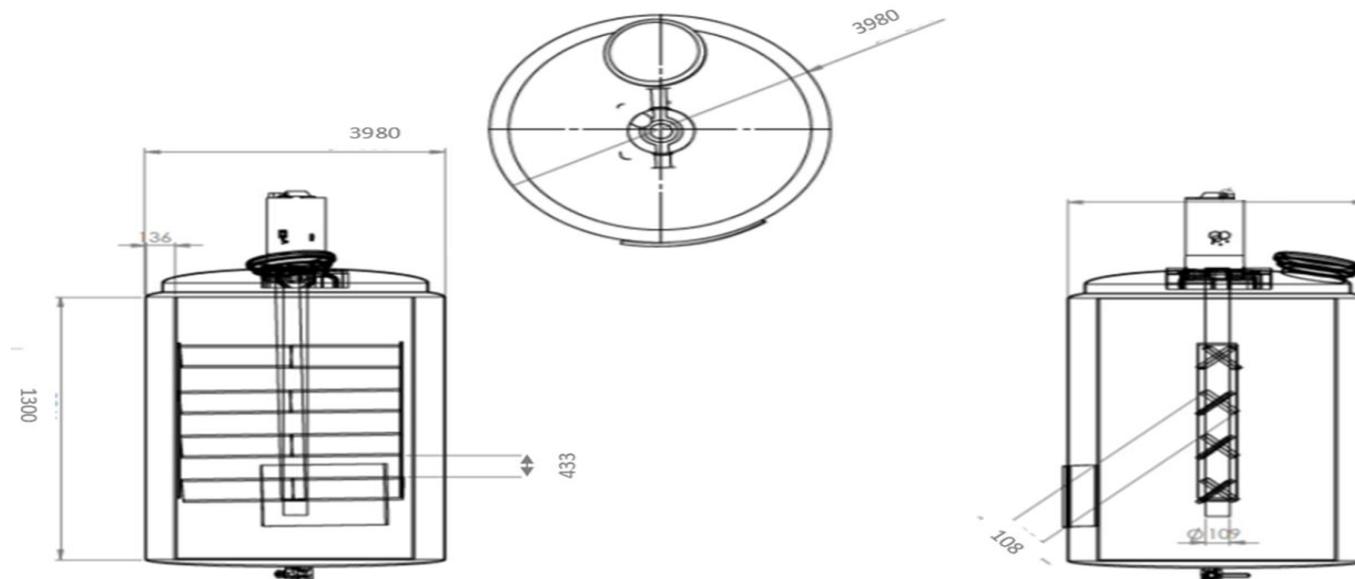
**k)**



**l)**

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b>	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: <b>HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO</b>	<b>LABORATORIO DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI - ESPOCH</b>		
j. Fermentación.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
k. Batido.	<input type="checkbox"/> Información v <input type="checkbox"/> Por calificar		6	1:1	2022-05-13
l. Envasado del yogur.					

**ANEXO G: DISEÑO DEL FERMENTADOR**



**NOTAS:**

Diseño del fermentador.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado     Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

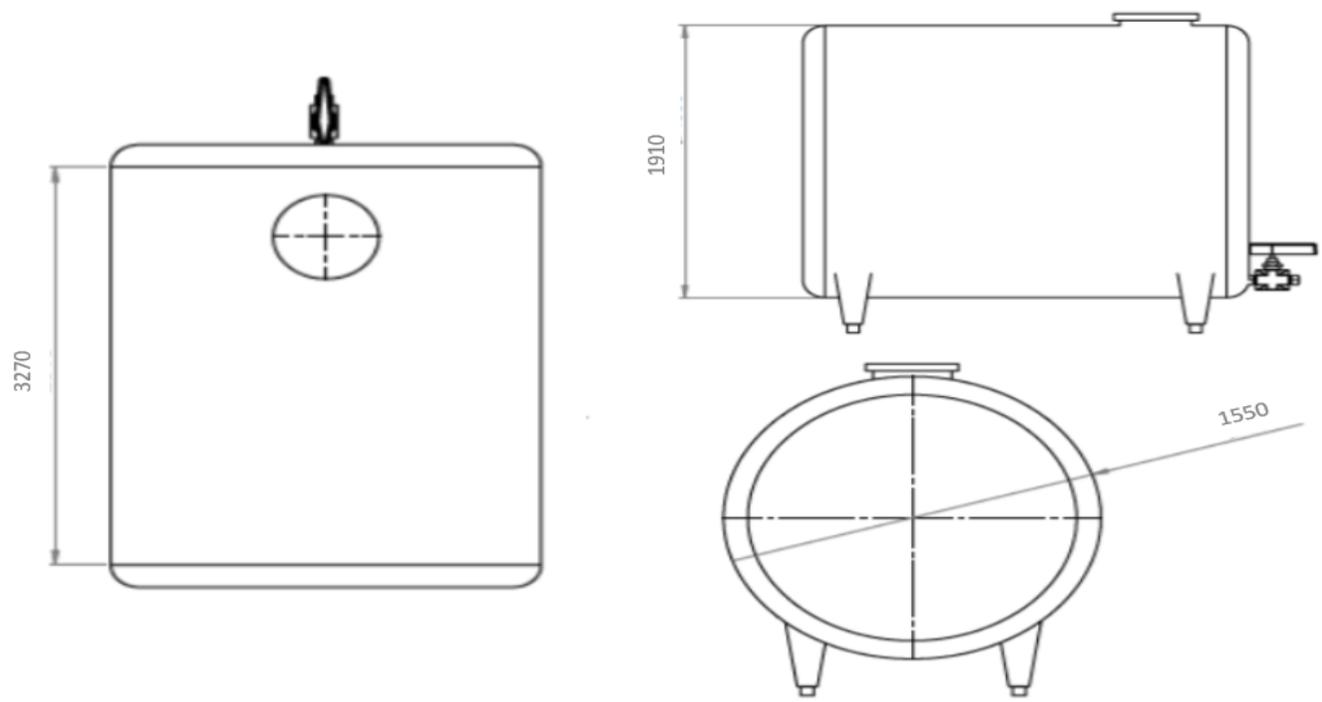
**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**REALIZADO POR:  
HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DISEÑO DEL FERMENTADOR**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
7	1:1	2022-05-13

**ANEXO H: DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN**



**NOTAS:**

Diseño del tanque de recepción.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

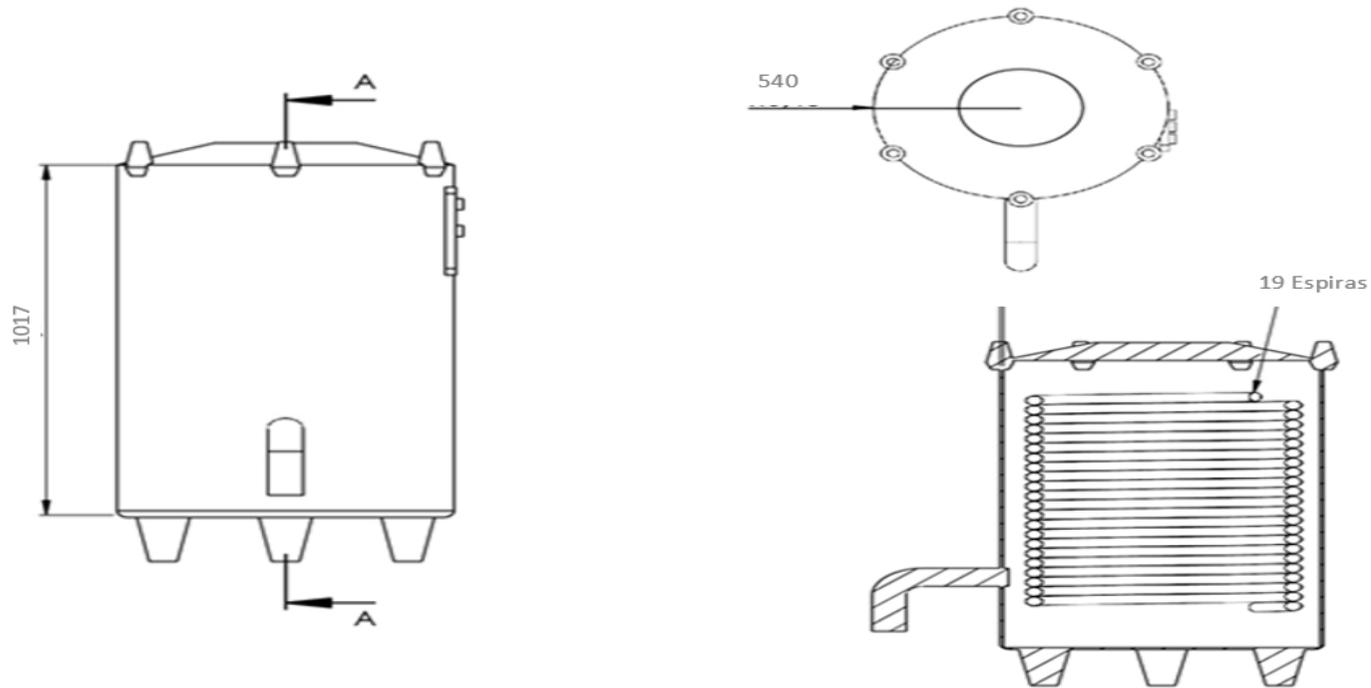
- Aprobado       Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**  
REALIZADO POR:  
**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DISEÑO DEL TANQUE DE RECEPCIÓN**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
8	1:1	2022-05-13

**ANEXO I: DISEÑO DE LA MARMITA**



**NOTAS:**

Diseño de la marmita

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

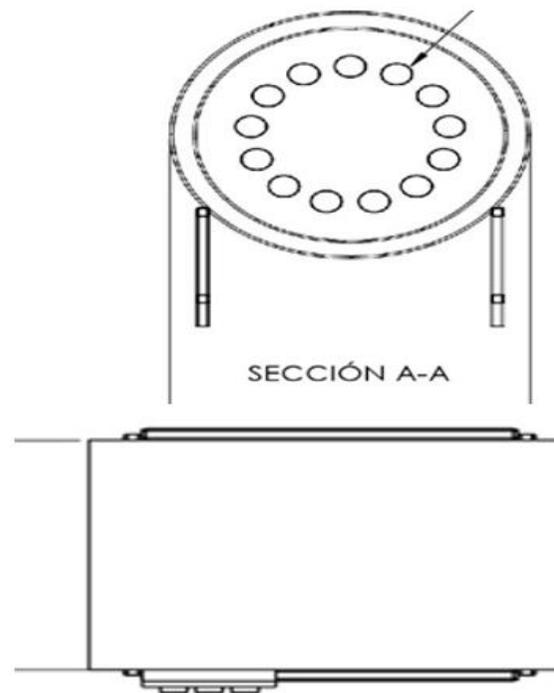
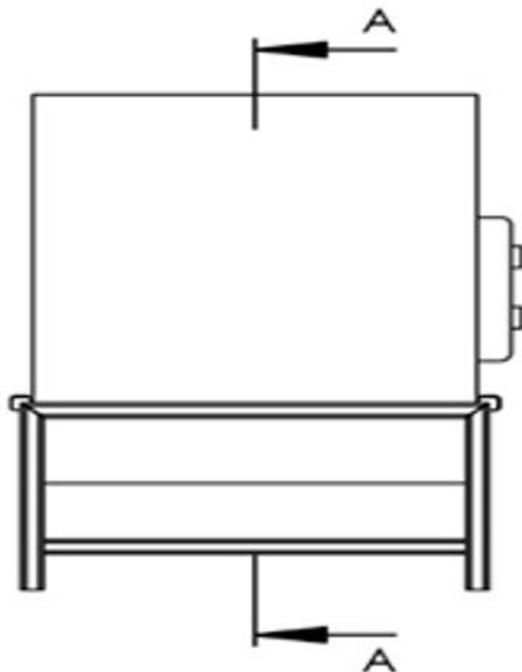
- Aprobado       Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**  
REALIZADO POR:  
**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DISEÑO DE LA MARMITA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
9	1:1	2022-05-13

**ANEXO J: DISEÑO DEL CALDERO**



**NOTAS:**

Diseño del caldero.

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado       Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

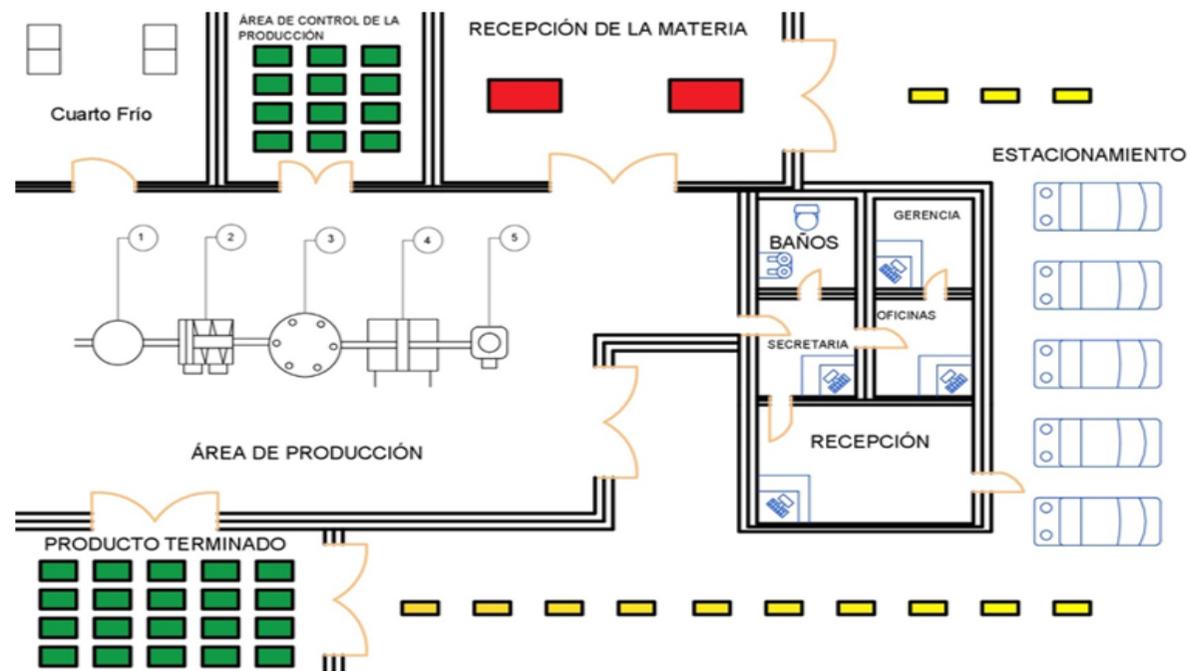
**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**REALIZADO POR:  
HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DISEÑO DEL CALDERO**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
10	1:1	2022-05-13

### ANEXO K: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA



#	DENOMINACIÓN
1	RECEPCIÓN
2	PASTEURIZADO
3	ENFRIADO
4	FERMENTADOR
5	ENVASADO

**NOTAS:**

Distribución de la planta

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado     Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información v  Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

REALIZADO POR:  
**HENRY DAVID SHAGÑAY ESCUDERO**

**DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
11	1:1	2022-05-13



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 17 / 06 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Henry David Shagñay Escudero
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Químico
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



Firmado electrónicamente por:

**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**



1283-DBRA-UTP-2022