



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA
ELABORACIÓN DE YOGURT EN LA MICROEMPRESA
LÁCTEOS “SAN CARLITOS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: VERÓNICA LICET TELENCHANO YUQUILEMA

TUTOR: ING. MARCO CHUIZA

Riobamba- Ecuador

2018

©2018, Verónica Licet Telenchano Yuquilema

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.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT EN LA MICROEMPRESA “SAN CARLITOS” de responsabilidad de la señorita Verónica Licet Telenchano Yuquilema, ha sido revisado por los Miembros del Tribunal de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Paola Arguello

.....

.....

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

Ing. Marco Chuiza R.

.....

.....

**DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Ing. Valeria Tapia

.....

.....

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENCIDAD

Yo, Verónica Licet Telenchano Yuquilema declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados obtenidos son originales y auténticos. 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 titulación.

Riobamba, 02 de Julio 2018

Verónica Licet Telenchano Yuquilema
060387787-9

“Yo, VERÓNICA LICET TELENCHANO YUQUILEMA soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Verónica Licet Telenchano Yuquilema

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con todo mi amor a mis padres Clarita y Andrés quienes siempre han estado a mi lado, con sus consejos y ejemplo siendo un apoyo fundamental para mi vida, de igual manera a mi hermano Santiago quien ha sido un angelito que llevo alegrar mi vida y por ser el mejor compañero de travesuras.

Verónica

AGRADECIMIENTO

A mis padres Clarita y Andrés por su apoyo incondicional, sus consejos firmes y oportunos en todo momento. A toda mi familia de manera especial a mi abuelita Teresita, mis tíos Martita, Pablo, César, Anita y David por ser un pilar fundamental en mi formación y por siempre brindarme su amor.

De igual manera a mis amigos por estar siempre a mi lado y demostrarme su cariño a cada momento.

Un agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Química en especial al Ing. Marco Chuiza, Ing. Valeria Tapia e Ing. Hugo Calderón por todos sus conocimientos impartidos en las aulas de clase y por todo su apoyo para la culminación del presente trabajo de titulación.

Verónica

CONTENIDO

RESUMEN	xvii
SUMARY	xviii

CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1	Identificación del problema	1
1.2	Justificación del proyecto	2
1.3	Línea base del proyecto	2
1.3.1	<i>Antecedentes de la empresa</i>	2
1.3.2	<i>Marco Conceptual</i>	3
1.3.2.1	<i>Leche: Definición</i>	3
1.3.2.2	<i>Leche cruda</i>	4
1.3.2.3	<i>Composición química</i>	4
1.3.2.4	<i>Propiedades fisicoquímicas de la leche</i>	6
1.3.2.5	<i>Probióticos</i>	7
1.3.2.6	<i>Bacterias ácido lácticas</i>	8
1.3.2.7	<i>Fermentación láctica</i>	9
1.3.2.8	<i>Yogurt</i>	9
1.3.2.9	<i>Historia del yogurt</i>	10
1.3.2.10	<i>Aporte nutricional del yogurt</i>	10
1.3.2.11	<i>Propiedades físico-químicas del yogurt</i>	11
1.3.2.12	<i>Características sensoriales del yogurt</i>	12
1.3.2.13	<i>Beneficios del yogurt</i>	13
1.3.2.14	<i>Clasificación del yogurt</i>	13
1.3.2.15	<i>Insumos en la elaboración de yogurt</i>	14
1.3.3	Beneficiarios directos e indirectos	15
1.3.3.1	<i>Beneficiarios directos</i>	15
1.3.3.2	<i>Beneficiarios indirectos</i>	15

CAPITULO II

2	OBJETIVOS DEL PROYECTO	16
2.1	Objetivo general	16
2.2	Objetivos específicos	16

CAPITULO III

3	ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR	17
3.1	Localización del proyecto	17
3.2	Ingeniería del proyecto	18
3.2.1	<i>Tipo de estudio</i>	18
3.2.2	<i>Métodos y técnicas</i>	18
3.2.2.1	<i>Métodos</i>	18
3.2.2.2	<i>Técnicas</i>	19
3.2.3	<i>Resultado de la caracterización de la materia prima</i>	24
3.2.4	<i>Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de yogurt</i>	25
3.2.4.1	<i>Requerimientos de materiales, equipos y reactivos</i>	25
3.2.4.2	<i>Descripción del proceso a nivel de laboratorio</i>	26
3.2.4.3	<i>Resultados de la caracterización de las formulaciones propuestas</i>	29
3.2.4.4	<i>Análisis sensorial</i>	29
3.2.5	<i>Operaciones unitarias del proceso</i>	39
3.2.5.1	<i>Filtrado</i>	39
3.2.5.2	<i>Mezclado</i>	39
3.2.5.3	<i>Pasteurizado</i>	40
3.2.6	<i>Variables y parámetros de proceso</i>	41
3.2.7	<i>Balance de masa y energía</i>	42
3.2.7.1	<i>Datos adicionales</i>	42
3.2.7.2	<i>Balance de masa</i>	42
3.2.7.3	<i>Cálculos de ingeniería</i>	45
3.2.7.4	<i>Balance de energía</i>	52
3.2.7.5	<i>Resultados del dimensionamiento</i>	67
3.3	Proceso de producción	67
3.3.1	<i>Materia prima, aditivos e insumos</i>	68
3.3.2	<i>Diagrama del proceso para la elaboración de yogurt</i>	68
3.3.3	<i>Descripción del diagrama</i>	70
3.3.3.1	<i>Recepción y control de calidad de la materia prima</i>	70
3.3.3.2	<i>Estandarización</i>	70

3.3.3.3	<i>Pasteurización</i>	70
3.3.3.4	<i>Enfriamiento</i>	70
3.3.3.5	<i>Inoculación</i>	71
3.3.3.6	<i>Fermentación</i>	71
3.3.3.7	<i>Enfriamiento</i>	71
3.3.3.8	<i>Batido</i>	71
3.3.3.9	<i>Envasado y Almacenado</i>	71
3.3.4	<i>Validación del proceso</i>	72
3.3.4.1	<i>Análisis físico-químicos y microbiológicos</i>	72
3.4	<i>Distribución de la planta</i>	73
3.4.1	<i>Descripción de áreas de la planta</i>	73
3.4.2	<i>Capacidad de Producción</i>	74
3.5	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i>	74
3.5.1	<i>Equipos con los que cuenta la planta para la elaboración de yogurt</i>	74
3.5.2	<i>Equipos requeridos para el proceso de elaboración de yogurt</i>	75
3.5.3	<i>Equipos requeridos para el control del proceso</i>	75
3.6	<i>Costo de producción</i>	76
3.6.1	<i>Costo de los equipos</i>	76
3.6.2	<i>Costo de la materia prima</i>	77
3.6.3	<i>Costo de mano de obra</i>	77
3.6.4	<i>Costo de los análisis de laboratorio</i>	78
3.6.5	<i>Costo de potencia</i>	78
3.6.6	<i>Presupuesto de producción</i>	78
3.7	<i>Cronograma</i>	80
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	82
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición de la leche (por cada 100 g).....	5
Tabla 2-1:	Contenido en nutrientes por 100 g de yogurt.....	11
Tabla 1-3:	Localización del proyecto.....	17
Tabla 2-3:	Técnica para el muestreo de productos lácteos.....	19
Tabla 3-3:	Requisitos físico-químico de la leche cruda.....	19
Tabla 4-3:	Requisitos microbiológico de la leche cruda	20
Tabla 5-3:	Determinación del pH.....	20
Tabla 6-3:	Determinación de la viscosidad.....	21
Tabla 7-3:	Determinación de la densidad.....	21
Tabla 8-3:	Determinación de los °Brix.....	22
Tabla 9-3	Determinación de la Acidez titulable como ácido láctico	22
Tabla 10-3:	Requisitos físico-químicos de las leches fermentadas.....	23
Tabla 11-3:	Requisitos microbiológicos de las leches fermentadas.....	23
Tabla 12-3:	Análisis físico-químico de la leche cruda de la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS”.....	24
Tabla 13-3:	Análisis microbiológico de la leche cruda.....	25
Tabla 14-3:	Materiales, equipos y reactivos.....	25
Tabla 15-3:	Primera formulación experimental.....	27
Tabla 16-3:	Segunda formulación experimental.....	28
Tabla 17-3:	Análisis fisicoquímico del yogurt – primera formulación.....	28
Tabla 18-3:	Análisis microbiológico del yogurt – primera formulación (Ver Anexo C)	28
Tabla 19-3:	Análisis fisicoquímico del yogurt – segunda formulación.....	29
Tabla 20-3:	Análisis microbiológico del yogurt – segunda formulación (Ver Anexo D)	29
Tabla 21-3:	Escala hedónica de preferencia.....	30
Tabla 22-3:	Tabla de contingencia parámetro color.....	30
Tabla 23-3:	Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el color.....	31
Tabla 24-3:	Tabla de contingencia parámetro sabor.....	32
Tabla 25-3:	Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el sabor.....	33
Tabla 26-3:	Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el dulzor.....	34
Tabla 27-3:	Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el consistencia.....	35
Tabla 28-3:	Tabla de contingencia parámetro consistencia.....	36
Tabla 29-3:	Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para la consistencia.....	37
Tabla 30-3:	Estadísticos de prueba.....	38

Tabla 31-3:	Variables del proceso.....	41
Tabla 32-3:	Datos adicionales.....	42
Tabla 33-3:	Resultados del dimensionamiento del tanque de recepción (Ver Anexo K)	67
Tabla 34-3:	Resultados del dimensionamiento del fermentador (Ver Anexo L).....	67
Tabla 35-3:	Materia prima, reactivos, aditivos e insumos.....	68
Tabla 36-3:	Resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt (Ver Anexo H)....	72
Tabla 37-3:	Análisis microbiológico del yogurt (Ver Anexo I).....	72
Tabla 38-3:	Descripción de los equipos que la planta posee.....	74
Tabla 39-3:	Descripción de los equipos requeridos para el proceso.....	75
Tabla 40-3:	Materiales necesarios para el control del proceso a nivel de laboratorio y de planta.....	75
Tabla 41-3:	Costos de los equipos para la elaboración de yogurt.....	76
Tabla 42-3:	Costos de los materiales para la elaboración de yogurt.....	76
Tabla 43-3:	Costo de la materia prima, aditivos e insumos para producir 1 litro de yogurt.....	77
Tabla 44-3:	Costo de la materia prima, aditivos e insumos para producir 456 litros de yogurt	77
Tabla 45-3:	Costo de mano de obra.....	78
Tabla 46-3:	Costo de los análisis de laboratorio.....	78
Tabla 47-3:	Costo del consumo de energía	78
Tabla 48-3:	Relación costo-beneficio para producción de yogurt.....	79
Tabla 49-3:	Presupuesto total anual para la producción de yogurt.....	79
Tabla 50-3:	Cronograma.....	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de color de la formulación 1216.....	31
Gráfico 2-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de color de la formulación 9440.....	32
Gráfico 3-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de sabor de la formulación 1216.....	33
Gráfico 4-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de sabor de la formulación 9440.....	34
Gráfico 5-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de dulzor de la formulación 1216.....	35
Gráfico 6-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de dulzor de la formulación 9440.....	36
Gráfico 7-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de consistencia de la formulación 1216.....	37
Gráfico 8-3:	Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de consistencia de la formulación 9440.....	38
Gráfico 9-3:	Diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt.....	69
Gráfico 10-3:	Capacidad de producción.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la leche cruda
Anexo B:	Procesos de elaboración de yogurt a nivel de laboratorio
Anexo C:	Análisis microbiológicos de la formulación 1
Anexo D:	Análisis microbiológicos de la formulación 2
Anexo E:	Hoja de encuesta
Anexo F:	Análisis sensorial
Anexo G:	Tabla relación de número de Reynolds y número de potencia
Anexo H:	Resultado de los análisis fisicoquímicos del yogurt
Anexo I:	Resultados microbiológicos del yogurt
Anexo J:	Microempresa Lácteos “San Carlitos”
Anexo K:	Tanque de recepción
Anexo L:	Fermentador de serpentín
Anexo M:	Serpentín
Anexo N:	Distribución de la planta

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

H	Altura del tanque, m
A_t	Altura del tanque, m
H	Altura del fermentador, m
W	Altura de las paletas, m
h_p	Altura del pasteurizador, m
L	Ancho de las paletas del agitador, m
A_f	Área del fermentador, m^2
A_p	Área de transferencia del calor del pasteurizador, m^2
A_s	Área de transferencia del calor en el serpentín, m^2
A_{aislante}	Área del aislante, m^2
A_{externa}	Área de la cara externa del fermentador, m^2
Q_{L1}	Calor ganado por la leche, KW
Q_{H1}	Calor suministrado por la caldera, KW
Q_{M1}	Calor perdido por las paredes del pasteurizador, KW
Q_{L2}	Calor perdido por la leche en la etapa de enfriamiento 1, KW
Q_{H2}	Calor ganado por el agua de enfriamiento, KW
Q_{M2}	Calor ganado por las paredes del serpentín, KW
Q_{pared}	Calor perdido por las paredes del fermentador, KW
Q_{ambiente}	Calor ganado por el ambiente, KW
Q_{RX}	Calor perdido por la reacción, KW
Q	Calor producido por Kg de glucosa fermentada, KJ/Kg
Q_{Y3}	Calor perdido por el yogurt, KW
Q_{M3}	Calor ganado por las paredes del serpentín, KW
Q_{H3}	Calor ganado por el agua de enfriamiento, KW
$C_p_{63^\circ\text{C}}$	Capacidad calorífica de la leche a 63°C , KJ/Kg. $^\circ\text{C}$
$C_p_{45^\circ\text{C}}$	Capacidad calorífica de la leche a 45°C , KJ/Kg. $^\circ\text{C}$
C_p_{yogurt}	Capacidad calorífica del yogurt, KJ/Kg. $^\circ\text{C}$
β	Coefficiente de expansión volumétrica, $^\circ\text{C}^{-1}$
h_{ci}	Coefficiente de convección interna, $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
h_{co}	Coefficiente de convección del aire, $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
h_{ro}	Coefficiente de radiación, $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
h_{co1}	Coefficiente de convección del aire con aislante, $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
h_{ro1}	Coefficiente de radiación con aislante, $\text{W}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
U_1	Coefficiente global de transferencia de calor en el pasteurizador, $\text{KW}/\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$

U_2	Coefficiente global de transferencia de calor en el enfriamiento 1, KW/ m ² .°C
U_3	Coefficiente global de transferencia de calor en el enfriamiento 2, KW/ m ² .°C
K	Coefficiente de transmisión térmica del metal, KW/ m ² .°C
K_{aislante}	Coefficiente de transmisión termina del aislante, KW/ m ² .°C
σ	Constante de Stefan-Boltzman, W/m ² .K ⁴
ρ_{leche}	Densidad leche, Kg/L
ρ_{yogurt}	Densidad yogurt, Kg/L
D	Diámetro del fermentador, m
D_a	Diámetro de las paletas del agitador, m
D_s	Diámetro del serpentín, m
D	Diámetro externo del tubo del serpentín, m
E_a	Distancia mínima de las paletas con relación al piso del fermentador
$\varepsilon_{\text{acero}}$	Emisividad del acero
ε	Emisividad del poliuretano
$\overline{\Delta H}_f^{\circ}_{C_6H_{12}O_6}$	Entalpia de formación de la glucosa, Kg/mol
$\overline{\Delta H}_f^{\circ}_{C_3H_6O_3}$	Entalpia de formación del ácido láctico, Kg/mol
E	Entrada
e_{aislante}	Espesor del aislante, m
f_s	Factor de seguridad
G	Gravedad, m/s ²
L_s	Longitud del serpentín, m
$m_{\text{azúcar}}$	Masa azúcar, Kg
$m_{\text{colorante}}$	Masa colorante, Kg
$m_{\text{conservante}}$	Masa conservante, Kg
m_{cultivo}	Masa cultivo, Kg
m_{lactosa}	Masa lactosa, Kg
m_{leche}	Masa leche, Kg
$m_{\text{Leche en polvo}}$	Masa leche en polvo, Kg
m_m	Masa mezcla, Kg
$m_{\text{saborizante}}$	Masa saborizante, Kg
m_{yogurt}	Masa yogurt, Kg
Re	Número de Reynolds
N	Número de revoluciones
N_p	Número de potencia

N_s	Número de espiras
Gr	Numero de Grashof
Pr	Número de Prandlt
V	Perdida por evaporación
P	Potencia
r_t	Radio del tanque de recepción, m
r_p	Radio del pasteurizador, m
r_f	Radio del fermentador, m
r_2	Radio externo del tanque fermentador, m
r_3	Radio externo del aislante, m
R_{conv}	Resistencia de convección
R_{cond}	Resistencia de conducción
R_{rad}	Resistencia de radiación
S	Salida
T_P	Temperatura de pasteurización, °C
T_A	Temperatura de alimentación, °C
T_F	Temperatura de fermentación, °C
T_E	Temperatura de enfriamiento, °C
μ	Viscosidad del yogurt, Kg/m. s
V_t	Volumen del tanque de recepción, m ³
V_{leche}	Volumen de la leche, L
V_{yogurt}	Volumen yogurt, L
V_f	Volumen del fermentador, m ³

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo realizar el diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogurt en la microempresa Lácteos “San Carlitos”. El proyecto técnico se dividió en cinco etapas partiendo de la caracterización de la leche cruda según los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 09:2012, la realización de ensayos a nivel de laboratorio para la identificación de las variables del proceso donde se propuso dos formulaciones (1216 y 9440) para la elaboración de yogurt, el análisis sensorial para seleccionar la formulación de mayor preferencia, el dimensionamiento de los equipos de la línea de producción y finalmente la validación del proceso mediante la norma NTE INEN 2395: 2011. La leche cruda utilizada cumple con los límites máximos permisibles establecidos por la norma lo cual la hace idónea para la elaboración de yogurt, mediante el análisis sensorial la formulación de preferencia fue la (1216), por medio de la identificación de las variables del proceso se realizó el dimensionamiento de los equipos y los balances de masa de estos se obtuvo que el proceso tiene un rendimiento del 86,6% produciéndose diariamente 456 litros de yogurt, las dimensiones del tanque de recepción serán: volumen 0,6 m³; altura 0,8 m; diámetro 1,0 m y del fermentador de serpentín serán: volumen 0,6 m³, diámetro 0,9 m; altura 0,9 m; diámetro del serpentín 0,7 m; altura del serpentín 0,6 m; separación entre espiras 0,051; número de espiras 13; longitud del serpentín 29 m; diámetro de las paletas 0,3 m; distancia de las paletas con relación al piso 0,30 m; altura de las paletas 0,06; ancho de las paletas 0,08 m. Del análisis financiero se obtuvo que la inversión se recuperará en 5 meses, el proceso se dio por validado por el cumplimiento de la normativa. Se recomienda aplicar buenas prácticas de manufactura para garantizar la inocuidad del producto final.

Palabras clave: <CIENCIAS EXÁCTAS Y NATURALES>, <ELABORACIÓN DE YOGURT>, <DISEÑO DE EQUIPOS>, <FORMULACIÓN ESTANDAR>, <VARIABLES DEL PROCESO>, <DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS> <TANQUE DE RECEPCIÓN> <FERMENTADOR>

ABSTRACT

The current research was aimed to design an industrial process for the production of yoghurt in "San Carlitos" dairy microenterprise. The technical project was divided into five stages: starting from the characterization of raw milk according to the parameters established by the NTE INEN 09:2012 standard, the conducting trials of laboratory-level to identify the process variables where it was proposed two formulations (1216 and 9440) to make yogurt, the sensory analysis to select the most preferred formulation, the dimensioning of the line production equipment and finally the process validation through NTE INEN 2395: 2011 standard. The used raw milk complies with the maximum permissible limits established by the standard, which makes it suitable to make yogurt, by using the sensory analysis, the formulation of preference was (1216), and the equipment sizing as well as the mass balances were identified by means of the process variables. Also, it was determined that the process has a yield of 86.6%, having a daily produce of 456 liters of yogurt. In addition, the receiving tank dimensions will be: volume 0.6 m³; height 0.8 m; diameter 1.0 m and the coil fermenter will be: volume 0.6 m³; diameter 0.9 m; height 0.9 m; coil diameter 0.7 m; coil height 0.6 m; distance between turns 0.051; number of turns 13; coil length 29 m; pallets diameter 0.3 m; pallets distance in relation to the floor 0.30; pallets height 0.06; width of the pallets 0.08 m. It was determined that the investment will be recovered in 5 months by means of a financial analysis and the process was validated by compliance with the regulations. It is recommended to apply good manufacturing practices to ensure the safety of the final product.

KEYWORDS: <EXACT AND NATURAL SCIENCES>, <MAKING YOGHURT>, <EQUIPMENT DESIGN>, <STANDARD FORMULATION>, <PROCESS VARIABLES>, <DIMENSION OF THE EQUIPMENT>, <RECEIVING TANK>, <FERMENTER>.

CAPÍTULO I

1 DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del problema

Hace tiempo se evidencia un incremento importante de la producción de leche en el cantón Chambo ya que éste es netamente agrícola y ganadero, varias haciendas de este sector así como pequeños productores producen 17 900 litros de leche diarios, de los cuales el 80% se distribuye a diferentes industrias lácteas de la sierra centro para su transformación. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2015)

Existen varias industrias que se dedican a la elaboración de productos lácteos en la provincia de Chimborazo, las cuales transforman la materia prima en productos de calidad, una de estas industrias es la microempresa de Lácteos “SAN CARLITOS”, ubicada en el cantón Chambo, ésta se dedica al procesamiento de queso y mantequilla gracias a la disponibilidad de materia prima en el sector, sin embargo ésta industria busca un enfoque más amplio de utilización de sus recursos como es la elaboración de yogurt.

El yogurt tiene una gran demanda en el mercado por su exquisito sabor, valor nutritivo y los múltiples beneficios a la salud de sus consumidores, en busca de un incremento productivo y económico la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS” manifiesta la necesidad de un diseño de un proceso industrial para elaboración de yogurt, para que ésta pueda variar sus productos, ampliar su mercado e incrementar sus ingresos.

De acuerdo con los antecedentes mencionados, se propone realizar el diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogurt en la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS”, cuyo producto será de calidad y cumplirá las necesidades del cliente, además incentivará a la inversión que generará nuevas fuentes de empleo.

1.2 Justificación del proyecto

En el Ecuador, los productos lácteos representan un rol muy importante en la economía, por tal motivo la ímpetu de las personas de desarrollar un emprendimiento relacionado, aprovechando el incremento significativo de la producción de leche en el país, uno de estos emprendimientos llevo a la creación de Lácteos “SAN CARLITOS” que con esfuerzo y dedicación a logrado producir queso y mantequilla de calidad.

La ejecución de este proyecto se justifica como un aporte al desarrollo y crecimiento de la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS”, que ha manifestado la necesidad de ampliar sus líneas de producción, por tal motivo se diseñará un proceso industrial para la elaboración de yogurt, dicho proceso se realizará tomando en cuenta las Buenas Prácticas de Manufactura para asegurar la higiene y calidad del producto.

El proyecto está basado en la búsqueda de nuevas alternativas para el desarrollo empresarial explotando productos propios del sector para darles un valor agregado con el fin de que sean económicamente rentables y de calidad, por tal motivo se ve la necesidad de plantear el presente proyecto que beneficiará a la industria Lácteos “SAN CARLITOS” que es una microempresa productora de leche a pequeña y mediana escala, así como también queso y mantequilla.

El diseño de un proceso industrial para la elaboración de yogurt en la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS” fomentará la creación de fuentes de empleo, mejorará sus ingresos económicos y ampliará su mercado.

1.3 Línea base del proyecto

1.3.1 Antecedentes de la empresa

El presente proyecto se realizó en la planta de PRODUCTOS LÁCTEOS SAN CARLITOS ubicada en la provincia de Chimborazo cantón Chambo, dicha empresa fue fundada en el año 2010 por su propietario el Sr. Luis Alfredo Yupangui Murillo quien poseía conocimientos artesanales de la elaboración de queso, a pesar que ser una empresa joven en el sector se ha consolidado como una de las más productiva y emprendedoras, tiene deseos de seguir expandiéndose para lograr ser una de las empresas más grandes y de la calidad de la región.

En Lácteos San Carlitos laboran 12 trabajadores, los cuales se encargan de todos los procesos de producción de la planta. El afán de emprendimiento permitió que la empresa impulse su crecimiento y adquiera maquinaria e insumos de alta calidad en la actualidad procesa aproximadamente de 2000 litros de leche que recibe diariamente la planta proviene de sectores aledaños con ésta se produce alrededor de 600 quesos rectangulares de 750 gramos, para venderlos localmente en la ciudad de Riobamba, además de eso se produce mantequilla, cuajada y suero. La planta pretende seguir expandiéndose y proveer al mercado nuevos productos lácteos como yogurt, manjar.

La planta productora Lácteos San Carlitos posee una infraestructura adecuada para la elaboración de quesos, además de ello cuenta con el espacio adecuado para la instalación del equipo necesario para la producción de yogurt.

1.3.2 Marco Conceptual

1.3.2.1 Leche: Definición

La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de los mamíferos hembras, tras el nacimiento de su cría. Es un líquido blanco, opaco, de composición compleja y sabor dulce. La función natural de la leche es la de ser el alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes durante su periodo crítico de su existencia, tras el nacimiento, cuando el desarrollo es rápido y no puede ser sustituida por otros alimentos (Alais, 1985, pp. 3-5).

La leche es un líquido de sabor ligeramente dulce, es de color opalescente, sin embargo, en un determinado volumen aparece blanco, aspecto que resulta de la dispersión de la luz producida por las micelas de fosfocaseinato de calcio. La leche contiene dos pigmentos principales: el caroteno, colorante amarillo de la fase grasa, por lo que la leche descremada, careciendo de dicho pigmento, presenta un color blanco-azulado y la riboflavina, pigmento amarillo-verdoso fluorescente que se encuentra en el suero, cuando la proporción de caseína disminuye, la leche adquiere un color grisáceo (Estrada, 2010, p.31).

La leche es un alimento muy beneficioso para el ser humano en sus diferentes etapas de la vida, por sus incomparables características nutricionales: contiene proteínas de alto valor biológico, diversas vitaminas, minerales y es una fuente de calcio por excelencia debido a su alta biodisponibilidad (Zielinsk et al., 2013, p.5).

Según Zielinsk et al. (2013, p.5), la leche y sus derivados son alimentos indispensables en la dieta humana, por las siguientes razones:

- Son fuente de nutrientes fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los niños por poseer proteínas, calcio, cinc, magnesio, potasio, fósforo, Vitamina D y Vitaminas del complejo B, entre otros componentes.
- Son esenciales para la formación y mantenimiento de los huesos por ser fuente natural de calcio, necesarios para una adecuada salud ósea.
- Son alimentos adecuados para lograr una buena rehidratación y reposición de los depósitos musculares de proteína, luego de realizar actividades deportivas.

1.3.2.2 Leche cruda

Según la NTE INEN 09:2012 se denomina leche cruda aquella que no ha sido sometida a ningún tipo de calentamiento (es decir que la temperatura no haya superado la de la leche inmediatamente después de ser extraída de la ubre a no más de 40°C) o no haya sufrido tratamiento térmico, salvo el de enfriamiento para su conservación, ni ha tenido modificación alguna en su composición.

1.3.2.3 Composición química.

La composición de la leche se ve influenciada por diversos factores como raza y edad de la vaca lechera, etapa de lactancia, método de ordeño, estado de salud, alimentación y clima. La leche es una compleja mezcla de diversas sustancias como agua, grasa, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico estable de más de 450 compuestos. (Agudelo y Bedoya, 2005, pp.38-42). Los requisitos físico-químicos de la leche cruda están especificados en la norma NTE INEN 09: 2012.

La leche está compuesta de las siguientes sustancias:

Agua: La cantidad de agua en la leche es regulada por la lactosa que se sintetiza en las células secretoras de las glándulas mamarias, a donde se va a transportar esta última mediante la corriente circulatoria. El agua de la leche es el medio en el que encuentran disueltos o se hallan en suspensión los otros componentes de la leche (Arias, 2010, pp.6-8).

Hidratos de Carbono: El principal hidrato de carbono en la leche es la lactosa, que a pesar de ser un azúcar, no se percibe por el característico sabor dulce. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante y promedia alrededor de 5%, representa el 50% de los sólidos no grasos y contribuye al valor energético con aproximadamente el 30% de las calorías, la lactosa es el punto de control en la fermentación y maduración de los productos lácteos (Arias, 2010, pp.6-8).

Proteínas: La cantidad de proteína contenida en la leche corresponde regularmente al 3-4% y se distinguen dos estratos principales: la caseína y las seroproteínas que son las proteínas del suero de leche (Estrada, 2010, p.28).

Grasas: La grasa se sintetiza en su inmensa mayoría en las células secretoras de la glándula mamaria y constituye cerca del 3% de la leche, se encuentra en forma de partículas emulsionadas o suspendidas en pequeños glóbulos microscópicos, cuyos diámetros pueden variar entre 0,10 - 0,22 μm (Buñay y Peralta, 2015, p. 23).

Minerales: Los minerales forman parte de la leche en una proporción muy pequeña 0,5–1 %, aunque estos ejercen una gran influencia sobre las características de la misma y su actitud tecnológica. Las más importantes son: calcio, fósforo, sodio, potasio y magnesio. Además, existen otros componentes en menor proporción como las vitaminas, enzimas, gases y ácidos orgánicos (López y Barriga, 2006, p.15).

Vitaminas: Las vitaminas son sustancias orgánicas de pequeño tamaño que se encuentran en la leche en pequeña cantidad pero que poseen gran importancia nutritiva ya que son necesarias para el desarrollo normal de los procesos vitales. La leche figura como el alimento más rico en aporte de vitaminas. En la leche se encuentran vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y las hidrosolubles (B1, B2, B6, B12 y C) (López y Barriga, 2006, p.15).

Tabla 1-1: Composición de la leche (por cada 100 g)

Nutriente	Unidad	Leche de Vaca
Agua	g	88,0
Energía	Kcal	61,0
Proteína	g	3,2
Grasa	g	3,4
Lactosa	g	4,7
Minerales	g	0,72

Fuente: AGUDELO, Divier A.; BEDOYA, Oswaldo A., 2005, Composición nutricional de la leche de ganado vacuno.

1.3.2.4 Propiedades fisicoquímicas de la leche

Densidad: La densidad de las leches es variable. Los valores medios pueden estar entre 1,030 y 1,033 g/mL a 20 °C. La densidad de la leche varía con la temperatura y depende de dos factores: de la concentración de elementos disueltos y en suspensión es decir la densidad aumenta cuando el contenido de sólidos aumenta y de la cantidad de grasa, la densidad disminuye cuando el contenido de grasa aumenta (Estrada, 2010, p.31).

Viscosidad: Disminuye con el aumento de la temperatura, depende de la presión, aumenta cuando el pH de la leche disminuye debajo de 6,0. La leche es más viscosa que el agua debido a los glóbulos de grasa y las macromoléculas. A 10°C, la leche entera tiene 2,8 centipoise y la leche descremada tiene 2,5 centipoise, mientras que a 30 °C, la leche entera tiene 1,65 centipoise y la leche descremada tiene 1,35 centipoise (Estrada, 2010, p.31).

Punto de ebullición: Debido a las sustancias en disolución que contiene la leche (azúcares y minerales), se necesita una temperatura más elevada que la del agua, estando el punto de ebullición en 100,17 °C a nivel del mar, si la altura es mayor, la presión es menor y el punto de ebullición disminuye (López y Barriga, 2016, p.16).

pH y acidez: La acidez de la leche se expresa en la cantidad de ácido que puede neutralizarse con hidróxido de sodio 0,1N. La leche fresca generalmente tiene una acidez de 0,13% - 0,17% expresada en ácido láctico. El pH de la leche está en promedio entre 6,6 y 6,8 a 20 °C. (Estrada, 2010, p.31).

Potencial de óxido-reducción (redox): La leche fresca normal tiene un potencial Redox (Eh) positivo, Su determinación se realiza de una manera parecida a la del pH. Un valor positivo indica las propiedades oxidantes de la solución y un valor negativo indica las propiedades reductoras (UNAD, 2016, pp. 3-5).

1.3.2.5 Probióticos

Los probióticos son los microorganismos vivos adicionados a algunos alimentos para mejorar el balance microbiano intestinal de quienes los consumen. En el tracto gastrointestinal coexiste bacteria tanto inocua como patógena. Mientras se encuentren en un adecuado balance intestinal, los efectos adversos de los patógenos no se manifiestan (Ramírez, 2010, p.47).

Los problemas intestinales diarreico-infecciosos se manifiestan cuando por diferentes causas, los patógenos presentan un sobrecalentamiento. Los probióticos son bacteria inocuas para el huésped que los consume, pero que además tienen un marcado efecto inhibitorio y bactericida contra patógenos responsables de enfermedades diarreicas. Así, estas bacterias restablecen el balance intestinal, lo que se traduce en un efecto protector (Ramírez, 2010, p.47).

Los probióticos son productos naturales que utilizados permiten obtener mayores rendimientos, elevada resistencia inmunológica y reducida cantidad de patógenos en el tracto gastrointestinal (TGI). Estas bacterias representadas por *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus bulgaris*, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium infantis* y otros microorganismos beneficiosos, son la primera línea de defensa del cuerpo contra los microorganismos potencialmente dañinos que se inhalan o se ingieren (Milian, 2005, p.16).

1.3.2.6 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido-lácticas han sido empleadas para fermentar o crear cultivos de alimentos durante varios años. Se ha aplicado en todo el mundo a los productos lácteos fermentados, como el yogurt, el queso, la mantequilla, el kéfir y el kumis, constituyen un vasto conjunto de microorganismos benignos, dotados de propiedades similares, que fabrican ácido láctico como producto final del proceso de fermentación (Pérez J., 2016, p.31).

La función de estas bacterias es desencadenar un proceso microbiano por el cual la lactosa; el principal azúcar de la leche se convierte en ácido láctico. A medida que el ácido se acumula, la estructura de las proteínas de la leche va modificándose es decir van cuajando, y lo mismo ocurre con la textura del producto. Existen otras variables, como la temperatura y la composición de la leche, que influyen en las cualidades particulares de los distintos productos resultantes (Pérez J., 2016, p.31).

La producción del yogurt se deriva de la simbiosis entre dos bacterias, *streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus*, que se caracterizan porque cada una estimula el desarrollo de la otra, además dicha interacción reduce considerablemente el tiempo de fermentación (Pérez J., 2016, p.31).

Lactobacillus bulgaricus

Son bacilos microaerófilos, grampositivos y catalasa negativos. Estos lactobacillus homofermentativos forman 2,7% de ácido láctico en el proceso de fermentación de los azúcares. (Bauman, 1997, p.1). Es una bacteria homofermentativa que se desarrolla a una temperatura entre 42 y 45°C, produce en la leche la disminución del pH. Es también una bacteria proteolítica, es decir produce hidrolasas que hidrolizan las proteínas liberando aminoácidos como la valina, la misma que es de importancia, porque favorece el desarrollo del *streptococcus thermophilus* (Arévalo, 2015, p.15).

Streptococcus thermophilus

Es una bacteria láctica grampositiva, anaerobia facultativa, no móvil, que se desarrolla a temperaturas entre 37-40°C pero puede resistir 50°C o incluso llegar hasta los 65°C, por periodos cortos de tiempo. Es de gran interés en la industria láctea ya que utiliza los azúcares de la leche como sustrato para generar productos de fermentación, siendo el ácido láctico el principal y teniendo mayor poder de acidificación que el *lactobacillus* (Arévalo, 2015, p.16).

1.3.2.7 Fermentación láctica

Es el proceso realizado por las bacterias lácticas que son el *lactobacillus bulgaricus* y el *streptococcus thermophilus* que son incluidas en el proceso en forma de cultivos liofilizados de inoculación directa. En este proceso de fermentación se actúa sobre la lactosa, que es el primer carbohidrato de la leche, transformándolo principalmente en ácido láctico (Arévalo, 2015, p.15).

Mediante la fermentación láctica el piruvato se reduce a lactato cuando no hay presencia de oxígeno. El piruvato se obtiene mediante la glucólisis, este proceso necesita de glucosa y de la coenzima NAD⁺ para llevarse a cabo, y cuando no hay oxígeno, el NADH no puede ser re oxidado a NAD⁺ y se detiene la glucólisis, siendo este último el aceptor de electrones imprescindible para la oxidación del piruvato. En estas condiciones el piruvato se reduce a lactato, aceptando los electrones del NADH y regenerando así el NAD⁺ necesario para continuar la glucólisis y obtener energía (ATP) (UNAM, 2017, p.1).

En la siguiente imagen se esquematiza este proceso

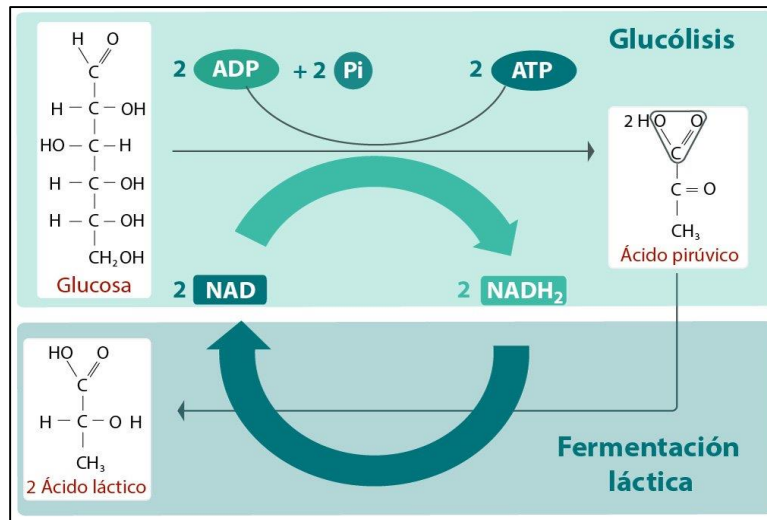


Figura 1-1: Proceso de fermentación láctica

Fuente: (UNAN, 2017, p.1) Fermentación láctica- Portal Académico

1.3.2.8 Yogurt

Según la norma NTE INEN 2395: 2011. El yogurt es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de ésta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas 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.

El yogurt es un derivado lácteo que se obtiene al añadir a la leche entera, semidescremada o descremada fermentos que degradan la lactosa y la transforman en ácido láctico, lo que otorga al yogurt su sabor ácido y su textura (Ramírez, 2010, p.15).

Se define al yogurt, como el producto resultante del proceso de fermentación de leche cruda semidesnatada, pasteurizada a 63°C, por la acción del fermento lácteo liofilizado que contiene cepas lácticas de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* inoculado a una temperatura entre 40–45°C durante 5 horas en ambiente inocuo, debidamente enfriado, batido y almacenado a temperatura de refrigeración entre 5– 0°C.

Las propiedades fisicoquímicas del yogurt, la textura y las propiedades de flujo están influenciados por varios factores, tales como la composición y formulación de la leche, el tratamiento térmico dado a la leche, la combinación de las bacterias ácido lácticas usadas, la

velocidad de acidificación de la leche y el tiempo de almacenamiento (Macedo & Vélez, 2015, p.2).

1.3.2.9 Historia del yogurt

El yogurt se originó en los países del Medio Oriente, estos pueblos solían transportar la leche fresca que obtenían de los animales en sacos grandes de pieles, el calor y el contacto de la leche con las pieles permitía la reproducción de las bacterias ácidas las mismas que fermentaban a la leche convirtiéndola en una masa semisólida y coagulada (Excelencias Gourmet, 2009, p.1).

Gracias a su agradable sabor, a la facilidad de transporte y conservación, se convirtió en un alimento fundamental, desde entonces conocida como "leche búlgara". Mediante su consumo habitual estos pueblos descubrieron virtudes mayores en los fermentos, como que ayuda al buen funcionamiento del sistema digestivo y contribuye a la prevención de enfermedades intestinales (Guamán y Proaño, 2012, pp. 24-26).

La fama de los derivados lácteos llegaron a otras regiones del mundo, donde también comenzaron a producirse el "dahi", originario de la India, considerado alimento de dioses debido a la sensación de bienestar y adecuado funcionamiento intestinal que genera, mientras que varios médicos de la Grecia antigua emplearon al yogurt en el tratamiento de problemas estomacales, males del hígado y tuberculosis, considerándolo un "alimento milagroso" (Guamán y Proaño, 2012, pp. 24-26).

El mayor esfuerzo en introducir el yogurt al mundo occidental, fue de Iliá Metchnikoff y sus investigaciones lo que le llevaron a descubrir que el yogurt es uno de los factores primordiales de la longevidad de la gente (Guamán y Proaño, 2012, pp. 24-26).

1.3.2.10 Aporte nutricional del yogurt

La composición química del yogurt está basada en la composición química de la leche y en los sucesivos cambios de los constituyentes de la leche que ocurren durante la fermentación láctica como normalización del contenido de grasa, adición de leche en polvo, calentamiento excesivo de leche y exposición a la luz (Ramírez, 2010, p.15).

Los cambios químicos de los constituyentes de la leche durante la fermentación resulta con reducción de lactosa y formación considerable de ácido láctico, con incremento de péptidos libres,

aminoácidos y ácidos grasos y con considerables cambios de algunas vitaminas (Ramírez, 2010, p.15).

Tabla 2-1: Contenido en nutrientes por 100 g de yogurt

Macronutrientes	Yogurt Natural	Yogurt Natural desnatado
Energía (Kcal)	55,5	40
Grasa (g)	2,6	0,32
Proteína (g)	4,2	4,5
Hidratos de Carbono (g)	5,5	6,3
Vitaminas		
Vitamina A (ER)	9,8	0,8
Tiamina(B1) (mg)	0,04	0,04
Riboflavina (B2) (mg)	0,03	0,19
Piridoxina (B6) (mg)	0,05	0,08
Vitamina (B12) (µg)	Tr	0,40
Ácido fólico (µg)	3,70	4,70
Niacina (EN)	1,5	1,35
Vitamina (C) (mg)	0,70	1,60
Vitamina (D) (mg)	0,06	Tr
Vitamina (E) (mg)	0,04	Tr
Minerales		
Calcio (mg)	142	140
Fósforo (mg)	90	116
Cinc (mg)	0,59	0,44
Hierro (mg)	0,09	0,09
Yodo (mg)	3,70	5,30
Magnesio (mg)	14,3	13,70
Potasio (mg)	214	64
Sodio (mg)	63	211
Zinc (mg)	0,59	0,44

Fuente: RAMÍREZ, Daniel. 2010. Elaboración de Yogurt.

1.3.2.11 Propiedades físico-químicas del yogurt

Las propiedades fisicoquímicas del yogurt están basadas en las propiedades de la leche y los sucesivos cambios que ocurren durante la fermentación láctica.

pH: El pH del yogurt es una de las principales propiedades, debido a que en su elaboración se busca disminuir el pH de la leche que es alrededor de 6,6 - 6,8 y llegar al pH del yogurt 4,5 - 4,6 lo cual contribuye al olor y sabor característico, a un pH de 4,6 las caseínas son eléctricamente neutras y completamente insolubles (Illescas, 2001, pp. 13-17).

Ácido Láctico: La acidez de un yogurt debe oscilar entre 0,8 - 1,8 % de ácido láctico, mediante la producción de ácido láctico, el pH baja y las micelas de caseína se desestabilizan formando el gel característico del yogurt. El porcentaje de ácido láctico adecuado es muy importante para

obtener un yogurt de alta calidad con sabor, cuerpo y textura propia, para evitar la sinéresis durante el almacenamiento (Bylund, 1996, p.331).

Humedad: El contenido de humedad del yogurt es de 87,8 %, pero su valor depende del tipo de leche y sólidos solubles en él (Gambelli y Manzi, 1999, p.353).

Grasa: El contenido de grasa depende del tipo de leche que se usó en el proceso, el yogurt puede tener un contenido graso que varía de 0 a 10 %. Lo más común es que tenga un contenido graso de 0,5 - 3,5 % (Mahaut, 2003, p.177).

Densidad: La densidad del yogurt está determinada por factores como: la concentración de sólidos disueltos y en suspensión (sólidos no grasos), proporción de materia grasa y la temperatura. La densidad exigida para el yogurt puede lograrse mediante la concentración de la leche por sustracción de agua o por la adición de la leche en polvo o condensada (López A., 2003, p.21).

Viscosidad: Esta propiedad se relaciona con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa. La viscosidad varía con la temperatura, el estado de dispersión y la concentración de los componentes sólidos (López A., 2003, p.21).

1.3.2.12 Características sensoriales del yogurt

Sabor: El yogurt tendrá el sabor característico según su forma de presentación y estará libre de sabor excesivamente ácido por sobre maduración, sabor amargo o cualquier sabor extraño (Rojas, 2014, p.23).

Olor: El producto deberá tener el olor característico para cada forma de presentación y estará libre de cualquier olor extraño (Rojas, 2014, p.23).

Color: El yogurt natural deberá tener color blanco o ligeramente amarillento; los otros productos deberán tener el color característico para cada forma de presentación (Rojas, 2014, p.23).

Aspecto: El yogurt en cualquiera de sus formas de presentación, deberá tener aspecto de coágulo uniforme, libre de grumos y/o burbujas y estará libre de suero separado. El producto con fruta deberá tener aspecto característico con la fruta uniformemente distribuida (Hernández y Alfara, 2003, p.267).

1.3.2.13 Beneficios del yogurt

El yogurt tiene gran cantidad de beneficios, de acuerdo con diferentes análisis, el yogurt es un alimento superior a la leche; se puede conservar más tiempo, no ocasiona problema de gases intestinales o indigestión a quienes no toleran la lactosa, dado que sus grasas y proteínas se encuentran pre digeridas por los organismos y posee proporcionalmente más calcio que la misma leche. Una de las mayores cualidades del yogur es su importante cantidad de calcio (Cajas, 2011, p. 30).

El yogurt es un aliado indispensable para fortalecer los huesos y los dientes. Sus proteínas, grasas e hidratos de carbono dotan de energía suficiente al cuerpo como para afrontar la ardua jornada laboral o académica. Las vitaminas del tipo A y B, el ácido fólico, y el contenido en fósforo, potasio, magnesio, cinc y yodo completan el contenido nutricional de este producto imprescindible en la dieta (Salazar, 2011, p.30).

1.3.2.14 Clasificación del yogurt

La norma NTE INEN 2395: 2011 da la clasificación para el yogurt:

Según el contenidos de grasa

- Tipo I: Elaboración con leche entera, leche integra o leche integral.
- Tipo II: Elaborado con leche semidescremada o semidesnatada.
- Tipo III: Elaborado con leche descremada o desnatada.

De acuerdo a los ingredientes

- Natural
- Con fruta
- Azucarado
- Edulcorado
- Saborizado o aromatizado

De acuerdo al proceso de elaboración

- Batido

- Coagulado o aflamado
- Bebible
- Concentrado
- Deslactosado

1.3.2.15 Insumos en la elaboración de yogurt

Leche: La leche es el ingrediente fundamental para la elaboración del yogurt, generalmente se utiliza leche de vaca ya sea esta entera, semidescremada o descremada. Debe asegurarse la integridad de la leche, calidad físico-química y microbiológica para garantizar el desarrollo de los cultivos (Ramírez, 2010, p.79).

Leche en polvo: Polvo de color blanco amarillento de sabor y aroma característicos, cuya finalidad es aumentar los sólidos solubles en el yogurt y así mejorar su consistencia (Ramírez, 2010, p.79).

Azúcares o edulcorantes: Cuando se elabora yogurt ya sea natural o frutado es necesario incorporar a la mezcla azúcares o agente edulcorantes, estos no aportan ningún valor nutritivo, se los debe usar en dosis pequeñas para no alterar el sabor del producto y además sirve para atenuar la acidez del mismo. En el caso de los azúcares permite además ligar agua y lograr un efecto estabilizante. Se emplea comúnmente sacarosa, glucosa o fructosa y como edulcorantes el aspartame, sorbitol, sacarina (Vera, 2011, p.49).

Fermento (YO-MIX): Es una cepa elaborada de la unión de bacterias lácticas como son las *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estos cultivos han sido cuidadosamente seleccionados y combinados para dar una acidificación muy rápida. Este cultivo nos ofrece un producto con una destacada textura y cremosidad, además reduce hasta el 1% la cantidad de la leche en polvo utilizada (Vera, 2011, p.40).

Al ser organismos vivos se los debe manejar con mucho cuidado e higiene para evitar cualquier tipo de contaminación para ello se debe limpiar el empaque que contiene el cultivo, desde su fecha de producción se lo puede almacenar por 18 meses a 4°C (Vera, 2011, p.50).

Colorantes: Abarcan una gran variedad de compuestos orgánicos, algunas sustancias químicas sintéticas y pigmentos naturales de plantas (incluida la clorofila), carotenoides y antocianinas, que se pueden añadir a los alimentos para mejorar su color. También se emplean como colorantes

algunas sales minerales; las sales de calcio y hierro pueden mejorar el valor nutricional de un alimento así como su color (Hernández y Solórzano, 2005, p.33).

Aromatizantes/Saborizantes: En este grupo están los dulcificantes, extractos naturales de hierbas, frutas y compuestos sintéticos que imitan los sabores naturales. Aparte de éstos, hay otros compuestos que se emplean para mejorar el sabor de los alimentos sin aportar su propio sabor, como el ácido glutámico y los derivados del ácido nucleico (Hernández y Solórzano, 2005, p.33).

Conservantes: En la fabricación del yogurt están permitidos diferentes conservantes que pueden añadirse directamente o que muchas veces viene incluidos en otros aditivos. Los más empleados son el sorbato potásico, el benzoato sódico y el dióxido de azufre. El ácido sórbico, añadido en forma de sal potásica, actúa selectivamente contra levaduras y mohos, pero no afecta a los microorganismos del fermento (Early, 1998, p.469).

1.3.3 Beneficiarios Directos e Indirectos

1.3.3.1 Beneficiarios Directos

En el diseño del proceso industrial de elaboración de yogurt los beneficiarios directos serán:

- La industria Lácteos San Carlitos, ya que al momento ésta no cuenta con un sistema de elaboración de yogurt.

1.3.3.2 Beneficiarios Indirectos

En el diseño del proceso industrial de elaboración de yogurt los beneficiarios indirectos serán:

- La población de la ciudad de Chambo y sectores aledaños, ya que se generará nuevas plazas de empleo que ayudará a mejorar la calidad de vida de las personas.
- Los comerciantes de yogurt, ya que podrán adquirir un producto a un precio económico y además de calidad que beneficie a su actividad.

CAPÍTULO II

2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

2.1 Objetivo general

- Diseñar un proceso industrial para la elaboración de yogurt en la microempresa Lácteos “San Carlitos”.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima para la elaboración de yogurt según la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 09: 2012. Leche Cruda. Requisitos.
- Identificar las variables del proceso industrial para la elaboración de yogurt.
- Realizar el diseño de ingeniería del proceso industrial para la elaboración de yogurt.
- Validar el diseño del proceso industrial para la elaboración de yogurt mediante análisis del producto obtenido de acuerdo a la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2395: 2011. Leches Fermentadas. Requisitos.

CAPÍTULO III

3 ESTUDIO TÉCNICO PRELIMINAR

3.1 Localización del proyecto

La presente investigación se llevará a cabo en la industria Lácteos San Carlitos ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Chambo, en la vía 18 de Marzo sector PyS Estación de Servicio Chambo y los análisis de laboratorio se realizarán en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, ubicada en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba en la Panamericana sur Km 1^{1/2} con coordenadas 1°39'13.4"S 78°40'34.2"W.

Tabla 1-3: Localización del Proyecto

UBICACIÓN	La industria Lácteos San Carlitos se encuentra en el cantón Chambo, provincia de Chimborazo.
LATITUD	-1,714435 m
LONGITUD	-78,605353 m
ALTITUD	2780 msnm
TEMPERATURA	14 °C

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.



Figura 1-2: Ubicación de la Microempresa Lácteos “San Carlitos”

Fuente: (Maps, 2018)

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Tipo de estudio

El presente proyecto es considerado de Tipo Técnico, es decir tiene la intervención de varias operaciones unitarias, que de la mano con estudios preliminares de carácter teórico y práctico determina la viabilidad del proyecto. Se cuenta con un estudio analítico, descriptivo y experimental, ya que se parte de la recolección de datos, identificaciones de variables, realización de ensayos, análisis de resultados, con el fin de detectar un método estándar para la elaboración de yogurt.

3.2.2 Métodos y técnicas

3.2.2.1 Métodos

Para el desarrollo del presente proyecto tipo técnico se tomará de referencia los métodos Inductivo, Deductivo y Experimental, puesto que facilitará el análisis de los datos obtenidos en el sistema y de las condiciones operacionales para el diseño, y de esta manera encontrar respuestas a las posibles interrogantes que se puedan presentar en el diseño del proceso para la elaboración de yogurt.

Método Inductivo: Este método permite tomar las características físico-químicas y microbiológicas de la leche y mediante la comparación con las normas vigentes, determinar si puede ser utilizado como materia prima del nuevo sistema de producción. Al estar identificados todos los elementos del proceso, se realizan los respectivos cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema.

Método Deductivo: Mediante este método se da lugar a varios ensayos de laboratorio para obtener un producto aceptable en el mercado y compararlo con la norma vigente. Los datos obtenidos durante los ensayos permitirán la realización de los cálculos para determinar los parámetros y especificaciones operacionales de los equipos en cada etapa del proceso.

Método Experimental: Este método se basa en la utilización de equipos e instrumentos adecuados para comprobar la veracidad de datos obtenidos, mediante la obtención del producto, por medio de una simulación del diseño en laboratorio y demostrando que la producción cumple con la NTE INEN 2395: 2011. LECHEs FERMENTADAS. REQUISITOS.

3.2.2.2 Técnicas

Para iniciar el proceso de producción, se emplea las técnicas basadas en la NTE INEN-ISO 707:2014. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS, con esto se realiza un correcto muestreo de la leche para su posterior análisis.

- Muestreo

Tabla 2-3: Técnica para el muestreo de productos lácteos

Fundamento	Norma	Materiales	Técnica
Se basa en establecer los procedimientos para la toma de muestras de la leche o productos lácteos, ya que se trata de una operación que requiere de la máxima atención.	NTE INEN-ISO 707	Recipiente de acero inoxidable Envases estériles Guantes Mascarilla	1. Mezclar la leche hasta conseguir una homogeneidad suficiente. 2. Recoger la muestra inmediatamente después de mezclar, utilizando técnica asépticas. 3. Mantener la muestra en refrigeración (1-5°C), para su posterior análisis.

Fuente: (NTE INEN-ISO 707:2014. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. DIRECTRICES PARA LA TOMA DE MUESTRAS)

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

- La caracterización de la leche se realizó en base a la norma NTE INEN 09:2012. LECHE CRUDA. REQUISITOS, la cual fundamenta a la leche como materia prima para la realización de un proceso de producción.

Tabla 3-3: Requisitos físico-químico de la leche cruda

Requisitos	Unidad	Mín.	Máx.	Método de ensayo
Densidad relativa a 15°C a 20°C	g/ml	1,029 1,028	1,032 1,033	NTE INEN 11
Materia grasa	%	3,0	-	NTE INEN-ISO 2446
Acidez titulable, como ácido láctico	%	0,13	0,17	NTE INEN 13
Sólidos Totales	%	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos No Grasos	%	8,2	-	*

Ceniza	%	0,65	-	NTE INEN 14
Proteína	%	2,9	-	NTE INEN 16

Fuente: NTE INEN 09:2012. LECHE CRUDA. REQUISITOS.

Tabla 4-3: Requisitos microbiológico de la leche cruda

Requisitos	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm ³	1,5*10 ⁶	NTE INEN 1529:-5

Fuente: NTE INEN 09:2012. LECHE CRUDA. REQUISITOS.

- Se realizó pruebas físico-químicas tanto a la leche como al producto final obtenido, dichas pruebas se basan en técnicas estándar seguidas en los laboratorios.

Tabla 5-3: Determinación del pH

Fundamento	Materiales	Técnica
<p>El pH es un parámetro que me permite determinar el grado de acidez o alcalinidad de un producto o sustancia. La escala del pH va desde 0 hasta 14.</p> <p>El resultado permitirá determinar si el pH del yogurt es el requerido para dar por finalizado el proceso de inoculación y garantizar que el yogurt se encuentra en el punto exacto de consistencia.</p>	<p>Potenciómetro</p> <p>Vaso de precipitación de 250 mL</p> <p>Varilla de agitación</p> <p>Piseta</p> <p>Agua destilada</p> <p>REACTIVOS</p> <p>Solución reguladora de pH 4</p> <p>Solución reguladora de pH 7</p> <p>Solución reguladora de pH 10</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encender el potenciómetro y comprobar su correcto funcionamiento. 2. Calibrar el equipo con las soluciones reguladoras de pH 4, pH y pH 10 según la acidez de la muestra. 2. Realizar una limpieza de los electrodos con agua destilada. 3. Colocar en el vaso de precipitación aproximadamente 150 mL de muestra. 4. Agitar la muestra con una varilla de agitación hasta lograr una mezcla homogénea. 5. Determinar el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, cuidando que éstos no toquen las paredes del recipiente. 6. Anotar los valores. 7. Al finalizar enjuagar el electrodo con agua destilada y secar con un paño limpio.

Fuente: NOM-F-317-S-1978.NORMA OFICIAL MEXICANA DETERMINACIÓN DE PH EN ALIMENTOS.

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 6-3: Determinación de la viscosidad

Fundamento	Materiales	Técnica
<p>La viscosidad se refiere a la resistencia que poseen los fluidos al movimiento relativo de sus moléculas.</p> <p>La viscosidad de algunos productos lácteos, tales como crema ácida, el yogur e incluso la leche pasteurizada, está asociada al contenido de grasa y supone que a mayor viscosidad mayor contenido de grasa, la viscosidad también se ve afectada por la temperatura, es decir a mayor temperatura menor viscosidad.</p>	<p>Viscosímetro de Brookfield</p> <p>Vaso de precipitación de 250 mL</p> <p>Reverbero</p> <p>Termómetro</p> <p>Varilla de agita</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calibrar el viscosímetro. 2. Someter la muestra a baño maría hasta que alcance una temperatura de 10° C sin dejar de agitar para tener una muestra homogénea. 3. Colocar la aguja correspondiente en el equipo y las rpm a usar. 4. Para este caso la medición se lo realizó con la aguja número 3 a 30 rpm a una temperatura de 10°C. 5. Introducir cuidadosamente la sustancia a analizar en el viscosímetro. 6. Anotar los valores correspondientes.

Fuente: Laboratorio de Investigación. Facultad de Ciencias. ESPOCH.

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 7-3: Determinación de la densidad

Fundamento	Materiales	Técnica	Cálculo
<p>La densidad se define como el coeficiente entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa, es la propiedad que nos permite medir la ligereza o pesadez de una sustancia.</p> <p>La densidad de los productos lácteos está determinada por factores como: la concentración de sólidos disueltos y en suspensión, proporción de materia grasa y la temperatura.</p>	<p>Picnómetro</p> <p>Agua destilada</p> <p>Vaso de precipitación de 250 mL.</p> <p>Reverbero</p> <p>Varilla de agitación</p> <p>Balanza analítica</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pesarse el picnómetro completamente limpio y seco. 2. Llenar con agua destilada el picnómetro, evitando la formación de burbujas de aire y colocar la tapa, sumergirlo en el baño de agua a 20° ± 0,5°C, durante 30 min. 3. Extraer el picnómetro del baño, secarlo cuidadosamente y, luego de enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min, pesarlo. 4. Secar cuidadosamente el picnómetro y evitando la formación de burbujas de aire, llenarlo con la muestra y después de colocar la tapa, sumergirlo en el baño de agua a 20° ± 0,5°C, durante 30 minutos. 5. Extraer el picnómetro del baño, secarlo cuidadosamente y, 	$d = \frac{M1 - M}{M2 - M}$ <p>Donde:</p> <p>M1 = Peso de picnómetro con la muestra (g)</p> <p>M2 = Peso del picnómetro con agua (g)</p> <p>M = Peso del picnómetro vacío (g)</p>

		luego de enfriarlo a temperatura ambiente durante 30 min, pesarlo.	
--	--	--	--

Fuente: NTE INEN 11: 1984. DETERMINACION DE LA DENSIDAD RELATIVA.

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 8-3: Determinación de los °Brix

Fundamento	Materiales	Técnica
El grado Brix equivale al porcentaje de peso de la sacarosa contenida en una solución acuosa. Se puede decir que el índice de refracción, el contenido de sólidos solubles y los grados Brix miden la concentración de azúcar presente en los alimentos que consumidos día con día	Refractómetro Vaso de precipitación de 150 mL Espátula	1. Encender el refractómetro y calibrar el equipo. 2. Colocar 1-2 gotas de muestra en el refractómetro. 3. Esperar unos minutos mientras se expande totalmente la muestra. 4. Leer el valor de los °Brix.

Fuente: NTE INEN 13: 1984. LECHE. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 9-3: Determinación de la Acidez titulable como ácido láctico

Fundamento	Materiales	Técnica	Cálculo
La acidez titulable constituye, fundamentalmente, una medida de la concentración de proteínas y de fosfatos en leches de buena calidad higiénica-sanitaria	Balanza analítica Matraz Erlenmeyer Matraz Aforado Bureta Estufa Desecador REACTIVOS Solución 0,1 N de Hidróxido de Sodio Fenolftaleína Agua destilada	1. Llevar la muestra a una temperatura aproximada de 20°C y mezclarla con cuidado hasta homogenizarla. 2. Cuidar que no haya formación de grumos. 3. Lavar cuidadosamente y secar el matraz Erlenmeyer en la estufa a 103° ± 2°C durante 30 min, dejar enfriar en el desecador y pesar con aproximación al 0,1 mg. 4. Transferir al matraz Erlenmeyer la muestra y pesar aproximadamente 20 g de muestra. 5. Diluir el contenido del matraz con un volumen dos veces mayor de agua destilada, y agregar 2 cm ³ de solución indicadora de fenolftaleína.	$A = 0,090 \frac{V * N}{m_1 - m} * 100$ <p>Donde: A = acidez titulable de la leche, en porcentaje e n masa de ácido láctico V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm³. N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio. m = masa del matraz Erlenmeyer vacío, en g. m₁ = masa del matraz Erlenmeyer con la leche, en g.</p>

		<p>6. Agregar, lentamente y con agitación, la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, justamente hasta conseguir un color rosado persistente (fácilmente perceptible si se compara con una muestra de leche diluida de acuerdo con lo indicado en 8.4) que desaparece lentamente.</p> <p>7. Continuar agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s.</p> <p>8. Leer en la bureta el volumen de solución empleada, con aproximación a 0,05 cm³.</p>	
--	--	---	--

Fuente: NTE INEN 13: 1984. LECHE. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

- Para finalizar se realizó la caracterización del producto obtenido (yogurt) basándonos en lo requisitos de la norma NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS, donde se señala los parámetros que debe cumplir el yogurt para dar por validado el proceso de elaboración.

Tabla 10-3: Requisitos físico-químicos de las leches fermentadas

Requisitos	Entera		Semidescremada		Descremada		Método de ensayo
	Mín. (%)	Máx. (%)	Mín. (%)	Máx. (%)	Mín. (%)	Máx. (%)	
Contenido de grasa	2,5	-	1,0	<2,5	-	<1,0	NTE INEN 12
Proteína, % m/m	2,7	-	2,7	-	2,7	-	NTE INEN 16

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

Tabla 11-3: Requisitos microbiológicos de las leches fermentadas

Requisitos	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. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS.

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.

3.2.3 Resultado de la caracterización de la materia prima

Los análisis de la leche cruda fueron realizados por el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) que es un laboratorio certificado de alto renombre. Los resultados de la caracterización de la materia prima se pueden evidencia en la Tabla 12-3 donde se muestran los parámetros analizados en leche cruda, los cuales cumplen con los requerimientos establecidos en la norma NTE INEN 09:2012. LECHE CRUDA. REQUISITOS. (Ver Anexo A)

Tabla 12-3: Análisis físico-químico de la leche cruda de la microempresa Lácteos “SAN CARLITOS”

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Valor Limite Permisible	
				Min.	Max.
Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	-	1,028	1,028	1,032
pH a 20°C	NOM-F-317-S-1978	-	6,675	-	-
Viscosidad a 20°C	STANDARD METHODS	Cp	1,845	1,5	2,0
Materia grasa	Gravimétrico	%	3,00	3,0	-
Acidez titulable, como ácido láctico	INEN 13	%	0,16	0,13	0,17
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	11,21	11,2	-
Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,21	8,2	-
Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,71	0,65	-
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,29	2,9	-

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

En la Tabla 12-3 se da a conocer los resultados de los análisis fisicoquímicos de la leche cruda de la Microempresa Lácteos “San Carlitos”, donde se puede apreciar que los parámetros analizados están dentro de los límites establecidos por la normativa.

Tabla 13-3: Análisis microbiológico de la leche cruda

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Límite Máximo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm ³	16*10 ⁷	1,5*10 ⁶

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

En la Tabla 13-3 se muestra el resultado del análisis microbiológico realizado a la leche cruda, donde se manifiesta una alteración en los microorganismos aeróbios mesófilos en comparación con la norma, esto se debe a la mala manipulación en la etapa de ordeño y transporte, pero dicha irregularidad se contrarresta en la etapa de pasteurización.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de la leche cruda, se puede apreciar que existen un parámetro que sobrepasan los límites establecidos por la norma, sin embargo se acepta la leche cruda de la microempresa Lácteos “San Carlitos” como materia prima, ya que en el proceso de pasteurización se disminuirá la carga bacteriana y además con procedimientos adecuados de manejo y asepsia de la leche se puede contrarrestar gran parte de este parámetros.

3.2.4 Ensayos a nivel de laboratorio para la elaboración de yogurt

3.2.4.1 Requerimientos de Materiales, Equipos y Reactivos

Para dar inicio al diseño del proceso de elaboración de yogurt se realizó previamente ensayos a nivel de laboratorio basados en información bibliográfica, para los ensayos utilizamos diversos materiales, equipos y reactivos expresados a continuación:

Tabla 14-3: Materiales, equipos y reactivos

Materiales	Equipos	Reactivos
Vasos de precipitación de 1000 mL	Balanza analítica	Leche cruda
Picnómetro	Potenciómetro	Leche en polvo
Varilla o cuchara	Viscosímetro	Sacarosa(Azúcar)

Vidrio reloj	Termómetro	Fermento(<i>Lactobacillus bulgaricus</i> y <i>streptococcus thermophilus</i>)
Espátula	Reverbero	Agua destilada
Papel aluminio	Estufa	Sorbato de potasio
	Sistema de refrigeración	Saborizante y colorante artificial

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.2.4.2 Descripción del proceso a nivel de laboratorio

Se describe el procedimiento usado a nivel de laboratorio para el diseño del proceso de elaboración de yogurt (Ver Anexo B), este proceso se realizó basándonos en información bibliográfica según Ramírez (2010, p. 211)

1. Con un volumen de 3000 mL de leche cruda del día, obtenida de la microempresa “San Carlitos”, se realizó los ensayos respectivos del proceso utilizando 2 formulaciones diferentes, en las cuales varia la cantidad de sacarosa, leche en polvo, colorante y saborizante.
2. Se realizó el filtrado de la leche con una tela de lienzo para eliminar las impurezas que podría tener la leche, a continuación se procede a la medición del pH y viscosidad de la leche a temperatura de recepción (20°C).
3. Se mide 1000 mL de leche en un vaso de precipitación y se procede a la fase de calentamiento en donde el volumen de leche se lleva a una temperatura de 32°C y se añade leche en polvo para regular la cantidad de solidos no grasos, para lo cual se mide la cantidad de °Brix inicial y después de añadir leche en polvo, estos °Brix deben llegar de 14° a 18° para asegurarnos que las bacterias ácido lácticas tengan suficiente alimento, se sigue con la fase de calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 35°C y se añade sacarosa (azúcar), todos estos insumos debidamente pesados en una balanza analítica.
4. Se procedió a la pasteurización de mezcla preparada a una temperatura de 63°C durante un tiempo de 30 min.
5. La muestra pasteurizada, se enfrió a baño maría con agua a temperatura ambiente, la mezcla debe llegar a una temperatura de 45°C.

6. Una vez que se llega a la temperatura de 45°C se adicionó el 0.02% de cultivo de yogurt la dosificación fue indicada por el productor del cultivo láctico y posteriormente se realiza una correcta homogenización del cultivo con la mezcla mediante una varilla de agitación.

7. La mezcla debidamente homogenizada se lleva a la estufa en donde se mantiene a 45°C por 5 horas, durante este tiempo se produce ácido láctico, esta acidificación hace que a leche se coagule la leche, dicha coagulación se debe a causa de la estabilidad de las caseínas.

8. Una vez transcurrido ese tiempo se procede a la medición del pH para determinar que el yogurt obtenido tenga adecuados niveles de acidez que deben ir de 4 -4,5; ya que a este pH las caseínas son eléctricamente neutras y completamente insolubles, a este nivel de pH se conoce como punto isoeléctrico de la caseína y se da por terminada esta fase de incubación.

9. Alcanzado el pH deseado, se lleva el yogurt a una etapa de enfriamiento hasta que alcance los 20°C y posteriormente se añade colorante, saborizante y sorbato de potasio.

10. Se obtuvo un yogurt fresco, de apariencia, color y sabor agradable, al cual se le realiza análisis de pH, densidad y viscosidad.

11. Mediante la caracterización del producto final pudimos determinar si cumple con la normativa establecida según NTE INEN 2395:2011.

Siguiendo el proceso señalado anteriormente, se procedió a probar distintas concentraciones con el fin de encontrar la mejor muestra, se realizó dos formulaciones que se detallaran a continuación:

Tabla 15-3: Primera formulación experimental

Ingrediente	Porcentaje (%)	Unidad	Cantidad
Leche	87,62	mL	1000
Leche en polvo	3	g	30,84
Sacarosa(azúcar)	9	g	92,52
Cultivo	0,02	g	0,02
Sorbato de potasio	0,06	g	0,06
Saborizante	0,2	mL	1,80
Colorante	0,1	mL	0,90

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 16-3: Segunda formulación experimental

Ingrediente	Porcentaje (%)	Unidad	Cantidad
Leche	87,62	mL	1000
Leche en polvo	2	g	20,56
Sacarosa(azúcar)	10	g	102,80
Cultivo	0,02	g	0,02
Sorbato de potasio	0,06	g	0,06
Saborizante	0,15	mL	1,35
Colorante	0,15	mL	1,35

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.2.4.3 Resultados de la caracterización de las formulaciones propuestas

Se describe los resultados obtenidos a nivel de laboratorio de las dos formulaciones propuestas en la elaboración de yogurt.

- Primera formulación

Tabla17-3: Análisis físico-químico del yogurt – primera formulación

Volumen inicial de leche (mL)	°Brix de estandarización	pH	°Brix	Densidad (g/mL)	Viscosidad (cP)
1000	14,50	4,48	19,64	1,112	1975

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 18-3: Análisis microbiológico del yogurt – primera formulación (Ver Anexo C)

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Valor límite Permisible
E.coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

- Segunda formulación

Tabla 19-3: Análisis físico-químico del yogurt – segunda formulación

Volumen inicial de leche (mL)	°Brix de estandarización	pH	°Brix	Densidad (g/mL)	Viscosidad (cP)
1000	16,13	4,458	20,29	1,134	1981

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 20-3: Análisis microbiológico del yogurt – segunda formulación (Ver Anexo D)

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Valor límite Permisible
E.coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

Como resultado de los análisis físico-químicos realizados en el laboratorio a las dos formulaciones propuestas se puede evidenciar que no existe gran diferencia, a su vez en los análisis microbiológicos se comprueba que las dos formulaciones cuentan con resultados similares y cumplen con la normativa NTE INEN 2395:2011, por tal motivo se procede a realizar un análisis sensorial para determinar la formulación idónea según el criterio del consumidor para ser usada en el diseño del proceso a nivel industrial.

3.2.4.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial es una herramienta eficaz para evaluar la calidad de un alimento ya que involucra un análisis de las materias primas, proceso de elaboración y producto terminado.

Para el presente trabajo se consideró 120 jueces afectivos entre hombres y mujeres indistintamente de 15 años en adelante, los cuales emitieron una calificación a las propiedades organolépticas como el color, sabor, dulzor y consistencia del yogurt elaborado según el procedimiento anteriormente mencionado, la calificación se da conforme a una escala hedónica, a continuación se describe la escala usada en el análisis.

Tabla 21-3: Escala hedónica de preferencia

Cualidad	Ponderación		
Color	1	3	5
Sabor	1	3	5
Dulzor	1	3	5
Consistencia	1	3	5

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Donde:

1: No me gusta

3: Indiferente

5: Me gusta

Procedimiento para el análisis sensorial

- Se designó números aleatorios a las formulaciones:
Formulación 1: 1216
Formulación 2: 9440
- La prueba se realizó el día 6 de Abril del 2018 en el mercado “La Condamine” de la ciudad de Riobamba (Ver Anexo F), cada envase que contenía las muestras se rotuló con los números aleatorios designados.
- En cada envase se coloca una porción de cada formulación y se le proporciona al juez acompañado de una galleta integral.
- Posteriormente se procede a dar indicaciones al juez sobre la manera de llenar la hoja de evaluación, se puede apreciar el modelo de la hoja de evaluación en (Ver Anexo E)
- Una vez finalizada la etapa de recolección de datos, se procede al análisis estadístico para determinar cuál fue la formulación que tuvo mayor aceptación entre los evaluados.

Resultados del análisis estadístico

Se midió la aceptación de las características organolépticas utilizando la prueba de Chi Cuadrado (χ^2) de Pearson para cada característica, con un valor crítico de 1 grado de libertad y a un nivel de significancia de 0,05. El análisis estadístico que se realizó es para pruebas no paramétricas o cualitativas y se utilizó el Software estadístico IBM SPSS Statistics, en donde se reportan los siguientes resultados para cada una de las características organolépticas evaluadas.

Tabla 22-3: Tabla de contingencia parámetro color

Código	COLOR			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
1216	76	25	19	120
9440	31	39	50	120

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 23-3: Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el color

Característica	Formulación	Tratamiento estadístico		Error estándar	
COLOR	1216	Media		4,000	0,134
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,735	
			Límite superior	4,265	
		Media recortada al 5%		4,111	
		Mediana		5,000	
		Varianza		2,151	
		Desviación estándar		1,467	
		Rango		4,000	
	9440	Media		2,700	0,149
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,405	
			Límite superior	2,995	
		Media recortada al 5%		2,667	
		Mediana		3,000	
		Varianza		2,666	
		Desviación estándar		1,633	
		Rango		4,000	

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

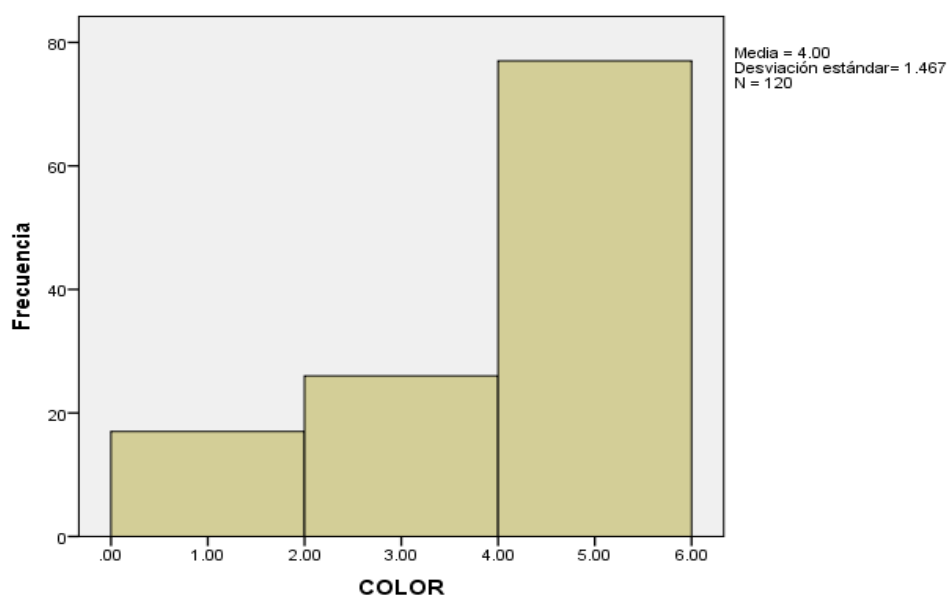


Gráfico 1-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de color de la formulación 1216

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

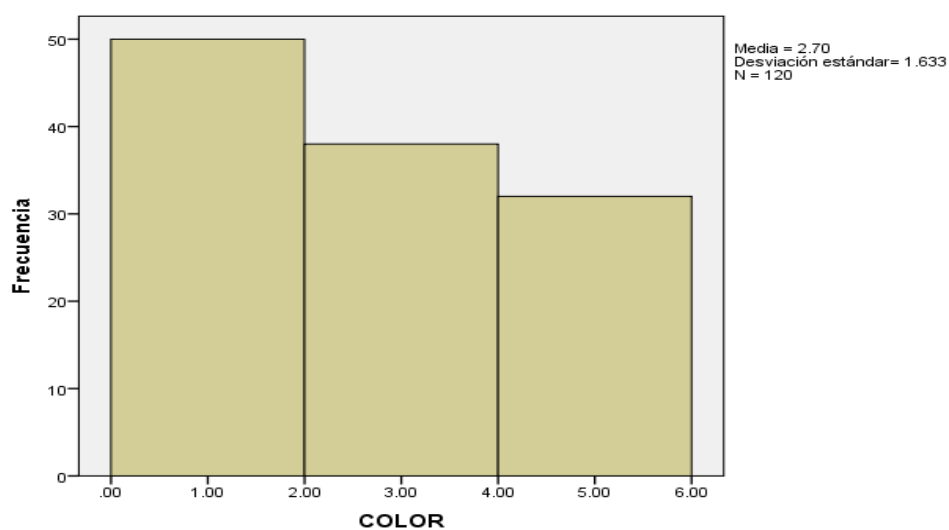


Gráfico 2-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de color de la formulación 9440

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Los datos de frecuencia del color se reportaron en la Tabla 23-3 y en los gráficos 1-3 y 2-3, de acuerdo con los datos obtenidos se reportaron diferencias estadísticas entre medias ($P < 0,05$), evaluando la formulación 1 (1216) se reportan medias iguales a 4,00 con un error estadístico igual a $\pm 0,13$; con un valor de mediana igual a 5,00 y un valor de desviación estándar 1,5 y para la formulación 2 (9440) se reportaron medias iguales a 2,70 con un error estadístico igual a $\pm 0,14$, con una mediana igual a 3,00 y una desviación estándar igual a 1,63 de acuerdo con esto la formulación 1 (1216) fue mejor y tubo mayor aceptación entre los jueces juzgadores.

Tabla 24-3: Tabla de contingencia parámetro sabor

Código	SABOR			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
1216	102	12	6	120
9440	70	34	16	120

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 25-3: Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el sabor.

Característica	Formulación	Tratamiento estadístico		Error estándar	
SABOR	1216	Media		4,617	0,093
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,433	
			Límite superior	4,800	
		Media recortada al 5%		4,796	
		Mediana		5,000	
		Varianza		1,028	
		Desviación estándar		1,014	
	Rango		4,000		
	9440	Media		3,933	0,129
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,677	
			Límite superior	4,189	
		Media recortada al 5%		4,037	
		Mediana		5,000	
		Varianza		2,012	
Desviación estándar			1,419		
Rango		4,000			

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

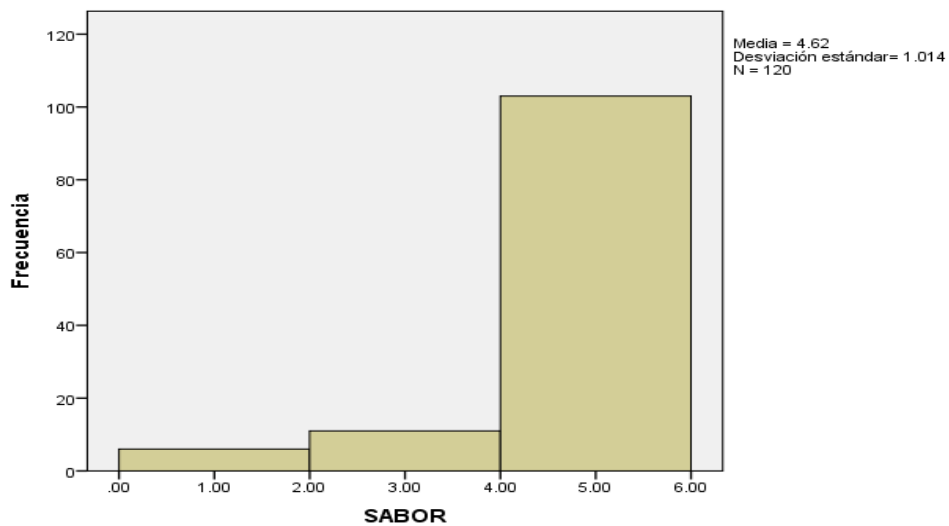


Gráfico 3-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de sabor de la formulación

1216

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

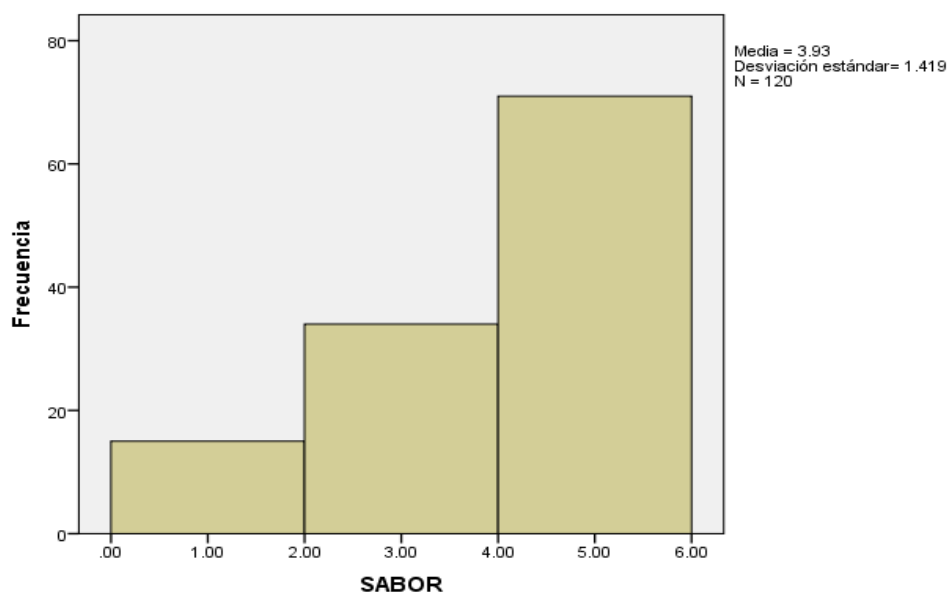


Gráfico 4-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de sabor de la formulación 9440

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Los resultados de la frecuencia se reportan en la Tabla 24-3 y en los gráficos 3-3 y 4-3, se evaluó las medias obtenidas para determinar la relación entre el factor formulación y factor sabor, de acuerdo con esto se puede decir que existió diferencias significativas ($P < 0,05$) para la formulación 1 (1216) las medias fueron iguales a 4,6167 con un error estadístico igual a 0,092 con un valor de mediana igual a 5,00 puntos y una desviación estándar igual a 1,01; para la formulación 2 (9440) se reportaron medias 3,93 con un error estadístico igual $\pm 0,129$ con un valor mediana 5,00 y una desviación estadística igual a 1,42 de acuerdo con esto se interpreta que mejor sabor tubo la formulación 1 (1216), por lo que tendrá mayor aceptación por los consumidores.

Tabla 26-3: Tabla de contingencia parámetro dulzor

Código	DULZOR			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
1216	105	11	4	120
9440	61	32	27	120

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 27-3: Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para el dulzor.

Característica	Formulación	Tratamiento estadístico		Error estándar	
DULZOR	1216	Media		4,617	0,093
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,433	
			Límite superior	4,800	
		Media recortada al 5%		4,796	
		Mediana		5,000	
		Varianza		1,028	
		Desviación estándar		1,014	
	Rango		4,000		
	9440	Media		3,600	0,221
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,309	
			Límite superior	3,891	
		Media recortada al 5%		3,667	
		Mediana		5,000	
		Varianza		2,595	
Desviación estándar			1,611		
Rango		4,000			

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

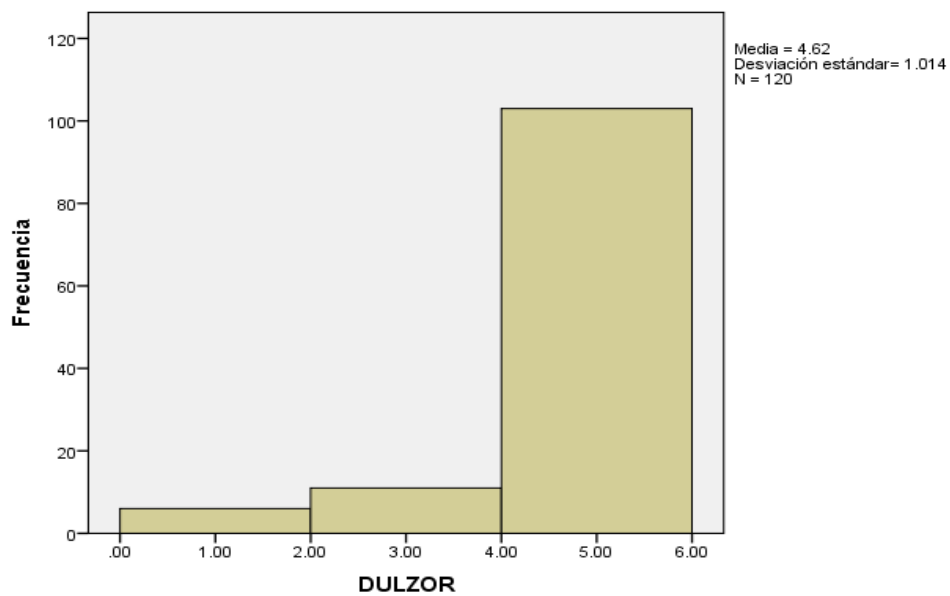


Gráfico 5-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de dulzor de la formulación 1216

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

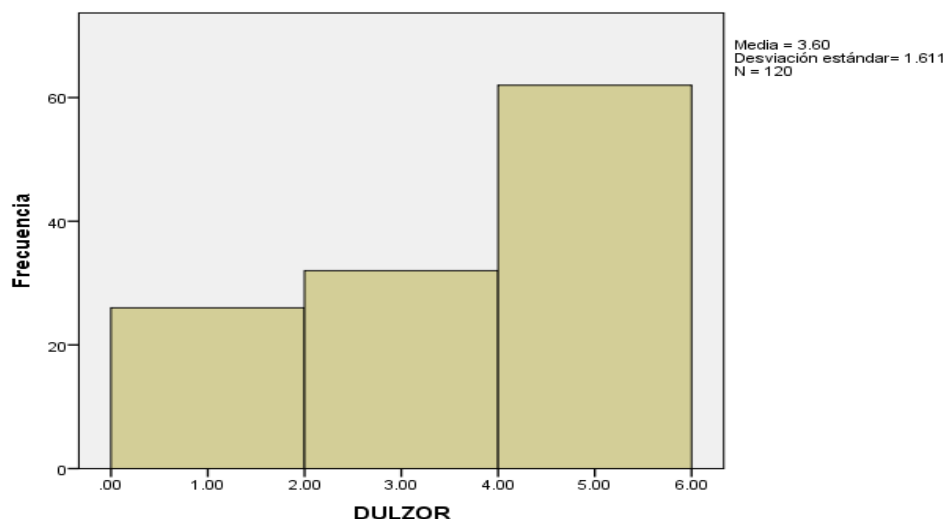


Gráfico 6-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de dulzor de la formulación 9440

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Para la prueba dulzor se evaluaron las dos formulaciones estableciéndose las frecuencias en la Tabla 26-3 y en los gráficos 5-3 y 6-3, de acuerdo con esto se reportaron diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre las medias, estableciéndose una relación directa entre la formulación y el dulzor del yogurt, para la formulación 1 (1216) se determinaron valores de media iguales a 4,617 con un error estadístico igual a $\pm 0,09257$; un valor de mediana igual a 5,00 y una desviación estándar igual a 1,01; para la formulación 2 (9440), las medias fueron iguales a 3,600 con un error estadístico igual a $\pm 0,14705$; con un valor de mediana igual a 5,00 y un valor de desviación estándar de 1,61; se interpreta que la formulación 1 (1216) es la de mayor aceptabilidad ya que se acopla perfectamente a la necesidades de azúcar del consumidor.

Tabla 28-3: Tabla de contingencia parámetro consistencia

Código	CONSISTENCIA			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
1216	92	21	7	120
9440	41	45	34	120

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 29-3: Resultado de las prueba Chi Cuadrada (χ^2) para la consistencia

Característica	Formulación	Tratamiento estadístico		Error estándar	
CONSISTENCIA	1216	Media		4,467	0,097
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,275	
			Límite superior	4,658	
		Media recortada al 5%		4,611	
		Mediana		5,000	
		Varianza		1,125	
		Desviación estándar		1,061	
		Rango		4,000	
	9440	Media		3,150	0,144
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,864	
			Límite superior	3,436	
		Media recortada al 5%		3,167	
		Mediana		3,000	
		Varianza		2,498	
		Desviación estándar		1,581	
		Rango		4,000	

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

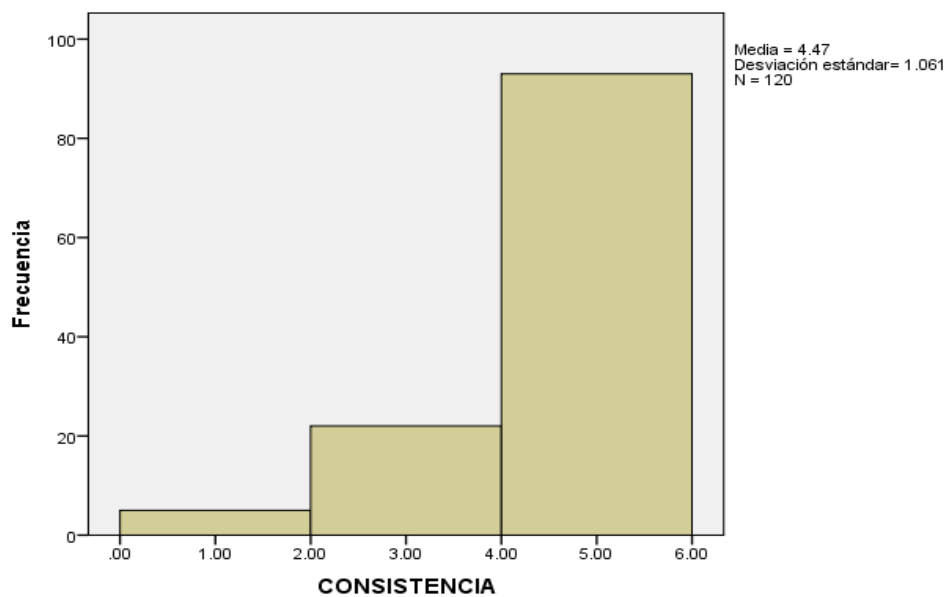


Gráfico 7-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de consistencia de la formulación 1216

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

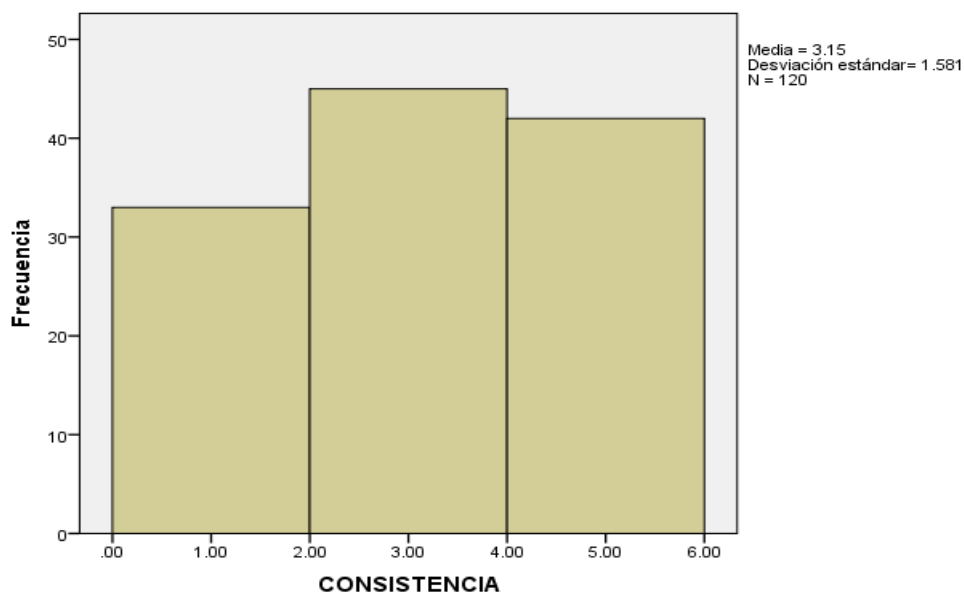


Gráfico 8-3: Diagrama de frecuencias acumuladas para la prueba de consistencia de la formulación 9440

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Los datos de frecuencia de la consistencia se reportan en los gráficos 7-3 y 8-3 y en la Tabla 29-3, de acuerdo con los datos obtenidos se reporta que existió significancia entre los datos obtenidos ($P < 0,05$), para la formulación 1 (1216) se reportaron medias iguales a 4,4667 con un error estadístico de 0,096; un valor de mediana igual a 5,00 y una desviación estándar igual a 1.06, para el tratamiento 2 (9440) se reportó medias iguales a 3,15; con un error experimental igual a $\pm 0,438$; un valor de mediana igual a 3,150 y con un valor de desviación estándar igual a 1,58; de acuerdo con esto para la prueba consistencia la formulación 1 (1216) muestra mejores resultados y tienen más aceptación por los jueces.

Tabla 30-3: Estadísticos de prueba

	Tratamiento	Color	Sabor	Dulzor	Consistentica
Chi-cuadrado de Pearson	0.000 ^a	15.825 ^b	169.275 ^b	136.225 ^b	61.975 ^b
Gl	1	2	2	2	2
Sig. Asintótica	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Donde:

a = 0 casillas (0.0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 120,0

b = 0 casillas (0.0%) han esperado frecuencias menores que 5. La frecuencia mínima de casilla esperada es 80,0.

Como se muestra en la Tabla 30-3 los resultados obtenidos de la prueba de Chi-cuadrado (χ^2) para todas las características organolépticas de evidencia un valor de $P=0,000$ es decir $P<0,005$. Por tanto, se dice que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las dos formulaciones de yogurt.

Como resultado de la prueba estadística aplicadas a la dos formulaciones de yogurt se puede concluir que la formulación 1 (1216) presenta mejores resultados es decir analizando sus medias todas se acercan a 5,000 por lo tanto tiene mayor aceptabilidad por el consumidor y se da como aprobada la formulación 1 para el diseño del proceso de elaboración de yogurt y se procede a dimensionar la planta.

3.2.5 Operaciones unitarias del proceso

Las operaciones unitarias son aquella que se dan durante el proceso de transformación de la materia prima, en el proceso de elaboración de yogurt se puede identificar las siguientes operaciones unitarias:

3.2.5.1 Filtrado

La filtración es la operación unitaria donde el componente sólido insoluble de la mezcla sólido-líquido se separa del componente líquido al pasar por una membrana porosa (lienzo) la cual retiene los sólidos en su superficie gracias a la diferencia de presión existente entre un lado y el otro de la membrana.

En el proceso de elaboración de yogurt el filtrado se debe de realizar al inicio del proceso con el objetivo de eliminar los sólidos en suspensión que puedan existir en la leche considerada como materia prima, el procesos de da haciendo pasar la leche por una membrana (lienzo), para separar las posibles partículas sólidas provenientes del ordeño.

3.2.5.2 Mezclado

El mezclado es una operación unitaria muy importante ya que consiste en combinar y homogenizar diversas sustancias miscibles o no miscibles para obtener un producto. En el proceso

de elaboración del yogurt el mezclado inicia desde la adición de los aditivos iniciales en la etapa de homogenización donde se requiere de una agitación constante y posteriormente en la etapa final al momento de añadir color, sabor y conservante.

3.2.5.3 Pasteurizado

La pasteurización es una operación que representa uno de los puntos más críticos dentro del procesamiento de los alimentos, en vista a que asegura la inocuidad de los productos por medio de la destrucción térmica de los microorganismos. La complejidad operacional se magnificada por el hecho de que la leche y sus derivados representa uno de los alimentos más vulnerables al ataque microbiano.

Para la pasteurización se evidencia dos tipos de sistemas: Baja temperatura durante un tiempo largo (LTLT: low temperature-long time) a 63°C durante 30 minutos, Alta temperatura durante un tiempo corto (HTST: high temperature-short time) a 72-75°C durante 15-20 segundos.

3.2.6 Variables y parámetros de proceso

Tabla 31-3: Variables del proceso

Variables	Tipos de variables	Concepto	Método de medición	Proceso	Parámetro
Temperatura	Independiente	Grado de energía térmica que posee un cuerpo.	Termómetro	Pasteurización	63°C
				Fermentación	45°C
				Enfriamiento	10°C
Tiempo	Dependiente	Duración de las etapas del proceso.	Cronómetro	Pasteurización	30 min
				Fermentación	5 horas
				Refrigeración	10 horas
pH	Dependiente	Grado de acidez o basicidad de una solución.	pH-metro	Incubación	4- 4,5
°Brix	Dependiente	Variable para determinar la cantidad de lactosa presente en la leche.	Refractómetro	Estandarización	14-18 °Brix
Cantidad de: leche en polvo, azúcar colorante y saborizante.	Dependiente	Variables que determinan el color, sabor, dulzor, y consistencia del yogurt.	Balanza	Estandarización	Leche polvo 3% Azúcar 9%
				Batido	Color 0,1% Sabor 0,2%

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.2.7 Balance de masa y energía

3.2.7.1 Datos adicionales

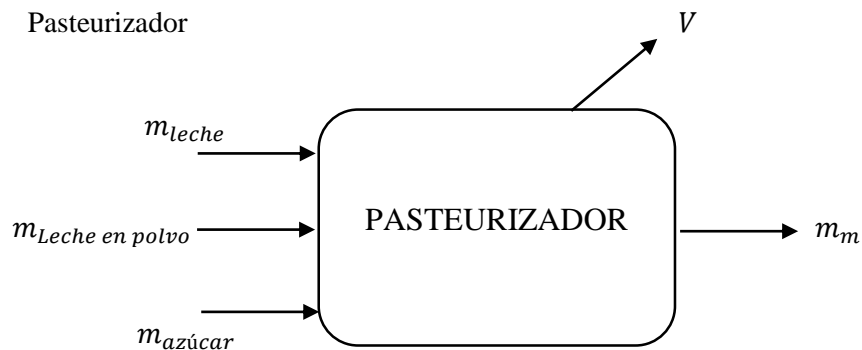
Tabla 32-3: Datos adicionales

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
ρ_{leche}	Densidad de la leche	1028	Kg/m^3
G	Gravedad	9,8	m/s^2
$\rho_{azúcar}$	Densidad del azúcar	1587	Kg/m^3
$\rho_{leche\ en\ polvo}$	Densidad de la leche en polvo	557	Kg/m^3
h_p	Altura del pasteurizador	0,76	m
r_p	Radio del pasteurizador	0,50	m
k_{acero}	Conductividad térmica del acero	16,3	$W/m^2 \cdot ^\circ C$
ρ_{yogurt}	Densidad del yogurt	1112	Kg/m^3
μ_{yogurt}	Viscosidad del yogurt	1,975	$Kg/m \cdot s$
ρ_{acero}	Densidad del material	7930	Kg/m^3
Cp_{yogurt}	Capacidad calorífica del yogurt a 20°C	3,85	$J/Kg \cdot ^\circ C$
$\Delta \bar{H}_f^{\circ} C_6H_{12}O_6$	Entalpia de formación de la glucosa	1261,5	KJ/mol
$\Delta \bar{H}_f^{\circ} C_3H_6O_3$	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	-
Σ	Constante de Stefan Boltzman,	$5,67 \cdot 10^{-8}$	$W/m^2 K^4$
ϵ_{acero}	Emisividad del acero	0,28	$^\circ C^{-1}$
ϵ	Emisividad del poliuretano	0,9	$^\circ C^{-1}$
$k_{poliuretano}$	Conductividad térmica del poliuretano	0,023	$W/m \cdot ^\circ C$

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.2.7.2 Balance de masa

- Pasteurizador



$$E = S + V$$

Donde:

E : Entrada

S : Salida

V : Perdida por evaporización

$$E = m_{leche} + m_{azúcar} + m_{leche\ en\ polvo}$$

$$E = 514Kg + 46,26 Kg + 15,42 Kg$$

$$E = 575,68 Kg$$

- Volumen de la mezcla

$$V_m = V_{leche} + V_{azúcar} + V_{leche\ en\ polvo}$$

$$V_m = 0,5 m^3 + 0,029 m^3 + 0,028 m^3$$

$$V_m = 0,557 m^3$$

En el proceso de pasteurización se genera una pérdida de volumen por evaporación, experimentalmente se determinó que se pierde un 12% del volumen total, por tanto:

$$V_v = V_m * \%$$

$$V_v = 0,557 m^3 * 12 \%$$

$$V_v = 0,067 m^3$$

Con la densidad de la mezcla obtenemos la cantidad Kg de V que se pierde en el proceso.

$$\rho_m = \frac{m_m}{V_m}$$

$$\rho_m = \frac{575,68 Kg}{0,557 m^3}$$

$$\rho_m = 1033,54 \frac{Kg}{m^3}$$

$$V = \rho_m * V_v$$

$$V = 1033,54 \frac{Kg}{m^3} * 0,067 m^3$$

$$V = 69,25 Kg$$

El balance de masa queda expresado por:

$$E = S + V$$

$$S = E - V$$

$$S = 575,68 Kg - 69,25 Kg$$

$$S = m_m = 506,43 Kg$$

- Fermentador



$$E = S$$

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

$$506,43 Kg + 0,0099 Kg + 1,01 Kg + 0,505 Kg + 0,027 Kg = m_{yogut}$$

$$m_{yogut} = 507,98 Kg$$

Rendimiento del proceso

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

$$\text{Rendimiento} = \frac{507,98 \text{ Kg}}{577,23 \text{ Kg}} * 100$$

$$\text{Rendimiento} = 86,6\%$$

3.2.7.3 Cálculos de ingeniería

Tanque de recepción

- Volumen del tanque

$$V_t = V_{leche} * fs$$

Donde:

V_t : Volumen del tanque de recepción, m^3

V_{leche} : Volumen de la leche, L

fs : Factor de seguridad

$$V_t = 500 \text{ L} * 1,20$$

$$V_t = 600 \text{ L}$$

$$V_t = 0,60 \text{ m}^3$$

- Altura del tanque

Se asumirá un diámetro de $D_t = 1 \text{ m}$ ya que con esa medida se podrá contar con espacio suficiente para la filtración.

$$V_t = h\pi r_t^2$$

Donde:

h : Altura del tanque

r_t : Radio del tanque

$$h = \frac{V_t}{\pi r_t^2}$$

$$h = \frac{0,6m^3}{\pi(0,50m)^2}$$

$$h = 0,8 m$$

- Área del tanque

$$A_t = 2\pi r_t h + \pi r_t^2$$

$$A_t = 2\pi(0,50m)(0,8m) + \pi(0,50m)^2$$

$$A_t = 3,3 m^2$$

Fermentador

- Volumen del fermentador

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

Donde:

V_f : Volumen del fermentador, m^3

V_{yogurt} : Volumen de la leche, L

f_s : Factor de seguridad

$$V_{yogurt} = \frac{m_{yogurt}}{\rho_{yogurt}}$$

$$V_{yogurt} = \frac{507,98 Kg}{1112Kg/m^3}$$

$$V_{yogurt} = 0,46 m^3$$

$$V_f = 0,46 m^3 * 1,2$$

$$V_f = 0,6 m^3$$

- Dimensiones del fermentador

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

Donde:

D : Diámetro del fermentador, m

H : Altura del fermentador, m

Se conoce que: $H = D$

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

$$V_f = \pi * \frac{D^3}{4}$$

- Diámetro del tanque

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

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 0,6 \text{ m}^3}{\pi}}$$

$$D = 0,9 \text{ m}$$

- Altura del fermentador

$$H = D$$

$$H = 0,9 \text{ m}$$

- Radio del fermentador

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

$$r_f = \frac{0,9 \text{ m}}{2}$$

$$r_f = 0,45 \text{ m}$$

- Área del fermentador

$$A_f = 2\pi r_f H + 2\pi r_f^2$$

$$A_f = 2\pi(0,45m)(0,9m) + 2\pi(0,45m)^2$$

$$A_f = 3,8m^2$$

Dimensiones del agitador del fermentador

- Diámetro de las paletas

$$D_a = \frac{D}{3}$$

$$D_a = \frac{0,9 m}{3}$$

$$D_a = 0,3 m$$

- Distancia mínima de las paletas con relación al piso del tanque

$$\frac{E_a}{D_a} = 1$$

$$E = 0,3m$$

- Altura de las paletas

$$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$$

$$W = \frac{D_a}{5}$$

$$W = \frac{0,3 m}{5}$$

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

- Ancho de las paletas

$$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$$

$$L = \frac{0,3 \text{ m}}{4}$$

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

- Número de Reynolds

Se asume una velocidad de 120 RPM, teniendo en cuenta que la agitación se realiza a bajas velocidades.

$$Re = \frac{n * D_a^2 * \rho_{yogurt}}{\mu}$$

Donde:

R_e : Número de Reynolds

n : Número de revoluciones, s^{-1}

D_a : Diámetro de las paletas, m

ρ_{yogurt} : Densidad del yogurt, $\frac{Kg}{m^3}$

μ : Viscosidad del yogurt, $\frac{Kg}{m.s}$

$$Re = \frac{2s^{-1} * (0,3 \text{ m})^2 * 1112 \frac{Kg}{m^3}}{1,975 \frac{Kg}{m.s}}$$

$$Re = 101,37$$

- Potencia

$$N_p = \frac{P}{\rho_{yogurt} D_a^5}$$

$$P = N_p * \rho * n^3 * D_a^5$$

Donde:

P : Potencia, W

N_p : Número de potencia

D_a : Diámetro de las paletas, m

ρ : Densidad del yogurt, $\frac{Kg}{m^3}$

n : Número de revoluciones supuestas, s^{-1}

Con el número de Reynolds y la relación de la curva se obtiene un $N_p = 3$, (Ver Anexo G)

$$P = (2) * \left(1112 \frac{Kg}{m^3}\right) * (2 s^{-1})^3 * (0,3m)^5$$

$$P = 43,23 W$$

$$P = 0,058 Hp$$

Consideraciones:

Eficiencia de la bomba: 0,7

Perdidas por fricción: 35%

$$P = \frac{0,058 * 1,35}{0,7}$$

$$P = 0,1 Hp$$

Al no existir en el mercado una bomba de 0,1 Hp para el mezclado del yogurt se elige que el equipo sea dimensionado con un motor de potencia 0,25 Hp.

Dimensiones del serpentín

- Área de transferencia del calor en el sistema por el serpentín interno

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

Donde:

A_S = Área de transferencia de calor del serpentín interno, m^2

d = diámetro externo del tubo 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

$$D_S = 0,8D$$

$$D_S = 0,8(0,9m)$$

$$D_S = 0,7 m$$

- Altura del serpentín

$$H_S = 0,7H$$

$$H_S = 0,7 (0,9 m)$$

$$H_S = 0,6 m$$

- Separación entre espiras adyacentes

$$e = 4d$$

$$e = 4(0,0127m)$$

$$e = 0,051 m$$

- Numero de vueltas del serpentín

$$n_S = \frac{H_S}{e} + 1$$

$$n_S = \frac{0,6 m}{0,051 m} + 1$$

$$n_S = 13$$

- Longitud del serpentín

$$L_S = \pi D_S n_S$$

$$L_s = \pi(0,7m)(13)$$

$$L_s = 29 m$$

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

$$A_s = \pi^2 (0,0127m)(0,7 m)(13)$$

$$A_s = 1,1 m^2$$

3.2.7.4 Balance de energía

Pasteurizador

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

$$Q_{L1} = Q_{H1} + Q_{M1}$$

Donde:

Q_{L1} : Calor ganado por leche, KW

Q_{H1} : Calor suministrado por la caldera, KW

Q_{M1} : Calor perdido por las paredes del pasteurizador, KW

- Área de transferencia de calor

$$A_p = 2\pi * r_p * h_p + \pi * r_p^2$$

Donde:

A_p : Área de transferencia de calor, m^2

r_p : Radio del pasteurizador, m

h_p : Altura del pasteurizador, m

$$r_p = 0,50$$

$$h_p = 0,76$$

$$A_p = 2\pi * (0,50m) * (0,76m) + \pi * (0,50m)^2$$

$$A_p = 2,39m^2 + 0,78m^2$$

$$A_p = 3,17m^2$$

- Calor perdido por las paredes del pasteurizador

$$Q_{M1} = k_{acero} * A_p * \Delta T$$

$$Q_{M1} = k_{acero} * A_p * (T_p - T_A)$$

Donde:

k_{acero} : Coeficiente de transmisión térmica del material, W/m². °C

A_p : Área de transferencia de calor del pasteurizador, m²

T_p : Temperatura de pasteurización, °C

T_A : Temperatura de alimentación, °C

$$Q_{M1} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 3,17 m^2 * (63 - 14)^\circ C$$

$$Q_{M1} = 2531,88 W$$

$$Q_{M1} = 2,53 KW$$

- Calor ganado por la leche

$$Q_{L1} = m_m * C_{p_{leche}} * (T_p - T_A)$$

Para el cálculo de la capacidad calorífica de la leche se tiene la siguiente ecuación según (McCarthy & Singh, 2009)

$$C_p = 41,8 * W_a + (13,71 + 0,112\theta) * TS$$

Donde:

C_p : Capacidad calorífica, %

W_a : Contenido de agua, %

TS: Solidos no grasos, %

$$C_{p63^{\circ}C} = 41,8 * 88,79 + (13,71 + 0.112(63)) * 8,21$$

$$C_{p63^{\circ}C} = 3881,91 \frac{J}{Kg^{\circ}C}$$

$$Q_{L1} = 0,16 \frac{Kg}{s} * 3,882 \frac{KJ}{Kg^{\circ}C} * (63 - 14)^{\circ}C$$

$$Q_{L1} = 30,43 KW$$

- Calor suministrado por la caldera

$$Q_{L1} = Q_{H1} + Q_{M1}$$

$$Q_{H1} = Q_{L1} - Q_{M1}$$

$$Q_{H1} = 30,43 KW - 2,53 KW$$

$$Q_{H1} = 27,9 KW$$

- Coeficiente global de transferencia de calor en el pasteurizador

$$Q_{L1} = U_1 * A_p * \Delta T$$

$$U_1 = \frac{Q_{L1}}{A_p * \Delta T}$$

$$U_1 = \frac{30,43 \frac{KJ}{s}}{3,17 m^2 * (63 - 14)^{\circ}C}$$

$$U_1 = 0,2 \frac{KW}{m^2 \cdot ^{\circ}C}$$

Fermentador

- Balance de energía Enfriamiento 1

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

$$Q_{L2} + Q_{M2} = Q_{H2}$$

Donde:

Q_{L2} : Calor perdido por la leche, *KW*

Q_{M2} : Calor perdido por las paredes del serpentín, *KW*

Q_{H2} : Calor ganado por el agua de enfriamiento, *KW*

$$Q_{M2} = k_{acero} * A_S * \Delta T$$

$$Q_{M2} = k_{acero} * A_S * (T_F - T_P)$$

Donde:

k_{acero} : Coeficiente de transmisión térmica del material, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

A_S Área de transferencia de calor en el serpentín, m^2

T_F : Temperatura de fermentación, $^\circ C$

T_P : Temperatura de pasteurización, $^\circ C$

$$Q_{M2} = k_{acero} * A_S * (T_H - T_F)$$

$$Q_{M2} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 1,2 m^2 * (45 - 63)^\circ C$$

$$Q_{M2} = -352,08 W$$

$$Q_{M2} = -0,352 KW$$

- Calor perdido por la leche

$$Q_{L2} = m_m * C_{p_{leche}} (T_F - T_P)$$

Donde:

m_m : Alimentación al fermentador, *Kg/h*

$C_{p_{leche}}$: Capacidad calorífica de la leche, $\frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$

T_f : Temperatura de fermentación, $^\circ C$

T_p : Temperatura de pasteurización, $^\circ C$

$$C_{p_{45^\circ C}} = 41,8 * 88,79 + (13,71 + 0.112(45)) * 8,21$$

$$C_{p_{45^\circ C}} = 3,865 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$Q_{L2} = 0,14 \frac{Kg}{s} * 3,865 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ C} * (45 - 63)^\circ C$$

$$Q_{L2} = -9,74 W$$

- Calor ganado por el agua de enfriamiento

$$Q_{H2} = Q_{L2} + Q_{M2}$$

$$Q_{H2} = -(-9,74 KW - 0,352 KW)$$

$$Q_{H2} = 10,09 KW$$

- Coeficiente global de transferencia de calor

$$Q_{H2} = U_2 * A_s * \Delta T$$

$$U_2 = \frac{Q_{H2}}{A_s * \Delta T}$$

$$U_2 = \frac{-10,09 \frac{KW}{s}}{1,2 m^2 * (45 - 63)^\circ C}$$

$$U_2 = 0,47 \frac{KW}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Balance de energía en la etapa de fermentación

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

$$Q_{ambiente} = Q_{Rx} + Q_{pared}$$

Donde:

$Q_{ambiente}$: Calor ganado por el ambiente, KW

Q_{Rx} : Calor desprendido por la reacción de fermentación, KW

Q_{pared} : Calor perdido por las paredes, KW

- Calor perdido por las paredes

$$Q_{pared} = \frac{T_F - T_A}{R_{conv} + R_{cond} + R_{rad}}$$

$$Q_{pared} = \frac{T_F - T_A}{\frac{1}{2\pi r_f H h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_f}}{2\pi H k_{acero}} + \frac{1}{2\pi r_2 H (h_{co} + h_{ro})}}$$

Donde:

T_F : Temperatura de fermentación, °C

T_A : Temperatura del ambiente, °C

r_f : Radio del fermentador, m

r_2 : Radio externo del fermentador, m

H: Longitud del fermentador, m

k_{acero} : Coeficiente de transmisión térmica del material, W/m². °C

h_{ci} : Coeficiente de convección interno, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

h_{co} : Coeficiente de convección del aire, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

h_{ro} : Coeficiente de radiación, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

$$r_f = 0.43m$$

Para la construcción del fermentador se puede utilizar acero inoxidable AISI 304 de 3 mm, en vista a que comercialmente es el acero más utilizado en la construcción de equipos de procesamiento de alimentos, por lo tanto:

$$r_2 = r_f + 0,003m = 0,453m$$

- Calculo del coeficiente de convección interno

$$h_{ci} = \frac{k}{H} 0,59(G_r P_r)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

h_{ci} : Coeficiente de convección interno

G_r : Numero Grashof

P_r : Número de Prandlt

k : Coeficiente de transmisión térmica del yogurt, W/m. °C

$$G_r = \frac{H^3 \rho^2 g \beta \Delta T}{\mu_m^2}$$

Donde:

g : Gravedad, $\frac{m}{s^2}$

β : Coeficiente de expansión volumétrica, $^{\circ}C^{-1}$

ρ : Densidad, $\frac{Kg}{m^3}$

μ_m : Viscosidad media leche-yogurt, $\frac{Kg}{m.s}$

$$G_r = \frac{(0,9m)^3 \left(1112 \frac{Kg}{m^3}\right)^2 (9,8 \frac{m}{s^2})(0,21^{\circ}C^{-1})(45^{\circ}C - 14^{\circ}C)}{\left(0,997 \frac{Kg}{m.s}\right)^2}$$

$$G_r = 57856725,51$$

$$P_r = 7,51$$

$$G_r P_r = (59806790,81) * (7,51)$$

$$G_r P_r = 434504008,6$$

Por lo tanto el coeficiente de convección interno es:

$$h_{ci} = \frac{k}{L_t} 0,59(G_r P_r)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{ci} = \frac{0,399 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}}{0,9 m} 0,59(434504008,6)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{ci} = 37,8 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Coeficiente de convección del aire

$$h_{co} = 1,42 \left(\frac{\Delta T}{H} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{co} = 1,42 \left(\frac{45^\circ C - 14^\circ C}{0,9 m} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$h_{co} = 3,4 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

- Coeficiente de radiación

$$h_{ro} = \varepsilon * \sigma * (T_F^4 - T_A^4)$$

Donde:

ε : Constante de emisividad del material

σ : Constante de Stefan Boltzman, $\frac{W}{m^2 K^4}$

$$h_{ro} = 0,28 * (5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}) * ((318 K)^4 - (287 K)^4)$$

$$h_{ro} = 54,63 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Remplazando los datos obtenidos tenemos el calor perdido por las paredes del fermentador:

$$Q_{pared} = \frac{T_F - T_A}{\frac{1}{2\pi r_f H h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_f}}{2\pi H k_{acero}} + \frac{1}{2\pi r_2 H (h_{co} + h_{ro})}}$$

$$Q_{pared} = \frac{45^{\circ}\text{C} - 14^{\circ}\text{C}}{\frac{1}{2\pi(0,45\text{m})(0,9\text{m})(37,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}})} + \frac{\ln \frac{0,453}{0,45}}{2\pi(0,9\text{m})(16,3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}})} + \frac{1}{2\pi(0,453\text{m})(0,9\text{m})(3,4 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}} + 54,63 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{C}})}}$$

$$Q_{pared} = -1795,15 \text{ W}$$

La fermentación se da en un tiempo de 5 horas por lo tanto el flujo de calor es:

$$Q_{pared} = -1795,15 \frac{\text{J}}{\text{s}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} * 5 \text{ h}$$

$$Q_{pared} = -32312700 \text{ J}$$

$$Q_{pared} = -32312,7 \text{ KJ}$$

Debido a que el fluido está compuesto en su gran mayoría por leche y esta no cambia sus propiedades hasta pasadas 4 horas, se tomará su capacidad calórica a la temperatura de operación

$$Q_{pared} = m * Cp * \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q_{pared}}{m \cdot Cp}$$

$$\Delta T = \frac{32312,7 \text{ KJ}}{506,43 \text{ Kg} * 3,865 \text{ KJ/Kg } ^{\circ}\text{C}}$$

$$\Delta T = 16,5 ^{\circ}\text{C}$$

Dado a que existe una gran disminución de temperatura si se deja el tanque expuesto al ambiente, se hace necesario recubrirlo con un aislante, en este caso se usará espuma de poliuretano por su baja conductividad térmica y por su costo.

- Calculo del calor perdido por la paredes de fermentador con un aislante térmico

Se calcula nuevamente el flujo de calor seleccionando un material aislante en este caso la espuma de poliuretano, para evitar la pérdida de calor a través de las paredes del fermentador.

$$Q_{pared} = \frac{T_F - T_A}{\frac{1}{2\pi r_f H h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi H k_{acero}} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi H k_{aislante}} + \frac{1}{2\pi r_2 H (h_{co} + h_{ro})}}$$

Donde:

T_i : Temperatura interna del sistema, °C

T_o : Temperatura del ambiente, °C

r_1 : Radio del tanque fermentador, m

r_2 : Radio externo del tanque fermentador, m

r_3 : Radio externo del aislante, m

L : Longitud del tanque fermentador, m

k_{acero} : Conductividad térmica del acero, W/m. °C

$k_{aislante}$: Conductividad térmica de la espuma de poliuretano, W/m. °C

h_{ci} : Coeficiente de convección interno, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

h_{co} : Coeficiente de convección del aire, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

h_{ro} : Coeficiente de radiación, $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$

Se ha seleccionado la espuma de poliuretano con espesor de 2 cm.

$$\begin{aligned} r_3 &= r_2 + 0,02m \\ r_3 &= 0,453 m + 0,02 m \\ r_3 &= 0,473 m \end{aligned}$$

Dado a que la temperatura externa en la pared del aislante, es diferente a la temperatura externa del acero, se recalculan los coeficientes de convección y radiación.

Se asumirá una temperatura de la pared externa del aislante y con esta temperatura se calcula la cantidad de calor transmitido a través de ella, que ha de ser igual a la cantidad de calor transmitida por radiación y convección, si la temperatura asumida es la correcta.

$$q = q_{conduccion} - q_{conveccion+radiacion}$$

$$q = \frac{T_F - T_{aislante}}{\frac{e_{aislante}}{A_{aislante} * k_{aislante}}} - \frac{T_{aislante} - T_A}{\frac{1}{A_{externa} (h_{co1} + h_{ro1})}}$$

Donde:

$e_{aislante}$: Espesor del aislante, m

$A_{aislante}$: Área del aislante, m²

$A_{externa}$: Área de la cara externa, m²

h_{co1} : Coeficiente de convección del aire, $\frac{W}{m^2 \cdot s}$

h_{ro1} : Coeficiente de radiación, $\frac{W}{m^2 \cdot s}$

$$A_{aislante} = 3,8 \text{ m}^2$$

$$A_{externa} = 3,82 \text{ m}^2$$

A una temperatura de $T_{aislante} = 18,32^\circ\text{C}$

$$h_{ro1} = 21,32 \frac{W}{m^2 \cdot s}$$

$$h_{co1} = 1,83 \frac{W}{m^2 \cdot s}$$

$$q_{conduccion} = 116,6 \text{ W}$$

$$q_{conveccion+radiacion} = 116,5 \text{ W}$$

A esta temperatura los valores son iguales, por lo que se selecciona estos coeficientes de convección y radiación.

$$Q_{pared} = \frac{T_F - T_A}{\frac{1}{2\pi r_1 H h_{ci}} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi H k_{acero}} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi H k_{aislante}} + \frac{1}{2\pi r_2 H (h_{co1} + h_{ro1})}}$$

Q_{pared}

$$= \frac{(45 - 14)^\circ\text{C}}{\frac{1}{2\pi(0,45\text{m})(0,9\text{m})(37,8 \frac{W}{m^2 \cdot s})} + \frac{\ln \frac{0,453}{0,45}}{2\pi(0,9\text{m})(16,3 \frac{W}{m^2 \cdot s})} + \frac{\ln \frac{0,473}{0,453}}{2\pi(0,9\text{m})(0,023 \frac{W}{m^2 \cdot s})} + \frac{1}{2\pi(0,45\text{m})(0,9\text{m})(1,83 + 21,32) \frac{W}{m^2 \cdot s}}}$$

$$Q_{pared} = -86,2 \text{ W}$$

La fermentación se da en un tiempo de 5 horas por lo tanto el flujo de calor es:

$$Q_{pared} = -86,2 \frac{J}{s} * \frac{3600 s}{1 h} * 5 h$$

$$Q_{pared} = -1551646,65 J$$

$$Q_{pared} = -1551,65 KJ$$

Debido a que el fluido está compuesto en su gran mayoría por leche y esta no cambia sus propiedades hasta pasadas 4 horas, se tomará su capacidad calórica a la temperatura de operación

$$Q_{pared} = m_m * C_{p_{yogurt}} * \Delta T$$

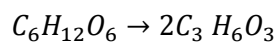
$$\Delta T = \frac{Q_{pared}}{m_m \cdot C_{p_{yogurt}}}$$

$$\Delta T = \frac{1551,65 KJ}{506,43 Kg * 3,865 KJ/Kg \text{ } ^\circ C}$$

$$\Delta T = 0,8 \text{ } ^\circ C$$

- Calor generado en la fermentación

La ecuación química que ocurre durante la fermentación de la glucosa, se expresa de la siguiente manera:



$$\Delta \bar{H}_f^{\circ} C_6H_{12}O_6 = -1261,5 \frac{KJ}{mol}$$

$$\Delta \bar{H}_f^{\circ} C_3H_6O_3 = -694,51 \frac{KJ}{mol}$$

$$\Delta \bar{H}^{\circ}_{rxn} = \sum \Delta \bar{H}^{\circ}_{productos} - \sum \Delta \bar{H}^{\circ}_{reactivos}$$

$$\Delta \bar{H}^{\circ}_{rxn} = 2(-694,51 \frac{KJ}{mol}) - (-1261,5 \frac{KJ}{mol})$$

$$\Delta \bar{H}^{\circ}_{rxn} = 127,52 \frac{KJ}{mol}$$

- Calor producido por Kg de glucosa fermentada

$$M_{C_6H_{12}O_6} = 180 \frac{Kg}{mol}$$

$$Q = \left(127,52 \frac{KJ}{mol} \right) * \left(\frac{mol}{180 Kg C_6H_{12}O_6} \right)$$

$$Q = 0,708 \frac{KJ}{Kg}$$

- Cantidad de glucosa contenida en la leche a fermentar

$$^{\circ}Brix = \frac{Kg \text{ lactosa}}{100 Kg \text{ solucion}}$$

La leche a fermentar posee un contenido de 8,21 °Brix

$$m \text{ lactosa} = m_m * ^{\circ}Brix$$

$$m \text{ lactosa} = 506,43 Kg \text{ leche} * \frac{8,21 Kg \text{ lactosa}}{100 Kg \text{ leche}}$$

$$m \text{ lactosa} = 41,58 Kg \text{ lactosa}$$

Se tiene que la lactosa se hidroliza para dar una mezcla equimolar de galactosa y glucosa, por lo que de los 41,58 Kg de lactosa 20,79 Kg son glucosa.

$$Q = \left(0,708 \frac{KJ}{Kg \text{ glucosa}} * 20,79 Kg \text{ glucosa} \right)$$

$$Q = -14,72 KJ$$

El tiempo de resistencia en el reactor es de 5 horas, por lo que el calor de la reacción será:

$$Q_{Rx} = \frac{-14,72 KJ}{5 \text{ horas}}$$

$$Q_{Rx} = -2,94 \frac{KJ}{h} * \frac{1 h}{3600 s}$$

$$Q_{Rx} = -8,18 * 10^{-4} KW$$

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

$$Q_{ambiente} = Q_{Rx} + Q_{pared}$$

$$Q_{ambiente} = -(-8,18 * 10^{-4} KW - 0,0862 KW)$$

$$Q_{ambiente} = 0,087 KW$$

- Balance de energía en la etapa de Enfriamiento 2

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

$$Q_{Y3} + Q_{M3} = Q_{H3}$$

Donde:

Q_{Y3} : Calor perdido por el yogurt, KW

Q_{M3} : Calor perdido por las paredes del serpentín, KW

Q_{H3} : Calor ganado por el agua de enfriamiento, KW

$$Q_{M3} = k_{acero} * As * \Delta T$$

$$Q_{M3} = k_{acero} * As * (T_E - T_F)$$

Donde:

k_{acero} : Coeficiente de transmisión térmica del material, W/m². °C

As : Área de transferencia de calor del serpentín, m²

T_E : Temperatura de enfriamiento, °C

T_F : Temperatura de fermentación, °C

$$Q_{M3} = 16,3 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 1,2 m^2 * (20 - 45)^\circ C$$

$$Q_{M3} = -489 W$$

$$Q_{M3} = -0,489 KW$$

$$Q_{Y3} = m_{yogurt} * C_{p_{yogurt}} (T_E - T_F)$$

$$Q_{Y3} = 0,14 \frac{Kg}{s} * 3,85 \frac{KJ}{Kg \text{ } ^\circ C} * (20 - 45)^\circ C$$

$$Q_{Y3} = -13,5 \text{ KW}$$

$$Q_{H3} = Q_{Y3} + Q_{M3}$$

$$Q_{H3} = -(-13,5 \text{ KW} - 0,489 \text{ KW})$$

$$Q_{H3} = 13,99 \text{ KW}$$

- Coeficiente global de transferencia de calor en el enfriamiento 2

$$Q_{H3} = U_3 * A_s * \Delta T$$

$$U_3 = \frac{Q_{H3}}{A_s * \Delta T}$$

$$U_3 = \frac{-13,99 \text{ KW}}{1,2 \text{ m}^2 * (20 - 45)^\circ C}$$

$$U_3 = 0,47 \frac{\text{KW}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ C}$$

3.2.7.5 Resultados del dimensionamiento

Tabla 33-3: Resultados del dimensionamiento del tanque de recepción

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
V_{tanque}	Volumen del tanque	0,60	m^3
H	Altura del tanque	0,80	m
D	Diámetro del tanque	1	m
A	Área del tanque	3,3	m^2

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 34-3: Resultados del dimensionamiento del fermentador

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
Fermentador			
V_{tanque}	Volumen del tanque	0,60	m^3
H	Altura del tanque	0,9	m
D	Diámetro del tanque	0,9	m
A	Área del tanque	3,8	m^2
Serpentín			
D_s	Diámetro del serpentín	0,7	m
H_s	Altura del serpentín	0,6	m
E	Separación entre espiras adyacentes	0,051	m
N_s	Numero de espiras del serpentín	13	m
L_s	Longitud del serpentín	29	m
A_s	Área de transferencia de calor	1,1	m
Agitador			
D_a	Diámetro de las paletas	0,3	m
E	Altura mínima de las paletas con relación al piso	0,3	m
W	Altura de las paletas	0,06	m
L	Ancho de las paletas	0,08	m
P	Potencia de la bomba	0,25	Hp

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.3 Proceso de producción

El proceso de elaboración propuesto será desarrollado por la microempresa “San Carlitos” para quien se realizó el presente trabajo, considerando los equipos y el área de producción disponible que posee la fábrica además de los equipos que se debería implementar para el desarrollo del proyecto.

El tipo de producción que se propone es de tipo Batch dado que la materia prima solo está disponible en la mañana y por sus condiciones debe estar fresca (recién ordeñada), además porque se trata de una nueva línea de producción en la empresa que solo realiza quesos.

3.3.1 *Materia prima, aditivos e insumos*

Para el proceso de elaboración de yogurt a nivel industrial se necesita la siguiente materia prima, insumos, aditivos:

Tabla 35-3: Materia Prima, reactivos, aditivos e insumos

Materia prima	Leche Cruda	Se obtiene de la microempresa Lácteos “San Carlitos”, la leche es recolecta de sectores aledaños a la fábrica, previo la realización de una inspección de posibles contaminantes.
Aditivos	Leche en polvo	Se utilizó leche en polvo de la marca “La Vaquita”, a una cantidad adecuada determinada mediante los ensayos en el laboratorio.
	Sacarosa (Azúcar)	Se utilizó de la marca “Valdez”, a una cantidad adecuada determinada mediante los ensayos en el laboratorio.
	Sorbato de Potasio	Se determinó la cantidad necesaria para la conservación de yogurt.
	Colorante	Se aplicó un colorante rojo y se determinó la cantidad adecuada según sea agradable a la vista.
	Saborizante	Se usó un sabor a fresa y se determinó la cantidad óptima para el proceso.
Insumos	Envases plásticos de 1000 mL	El envase del producto se realiza en envases de plástico de 1000 ml
	Etiquetas	Se coloca etiquetas con el logotipo de la fábrica.

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.3.2 *Diagrama del proceso para la elaboración de yogurt*

El siguiente diagrama detalla cada operación que se lleva a cabo en el proceso de elaboración de yogurt, tomando en cuenta el volumen de leche que la microempresa Lácteos “San Carlitos” desea procesar diariamente en la elaboración de yogurt.

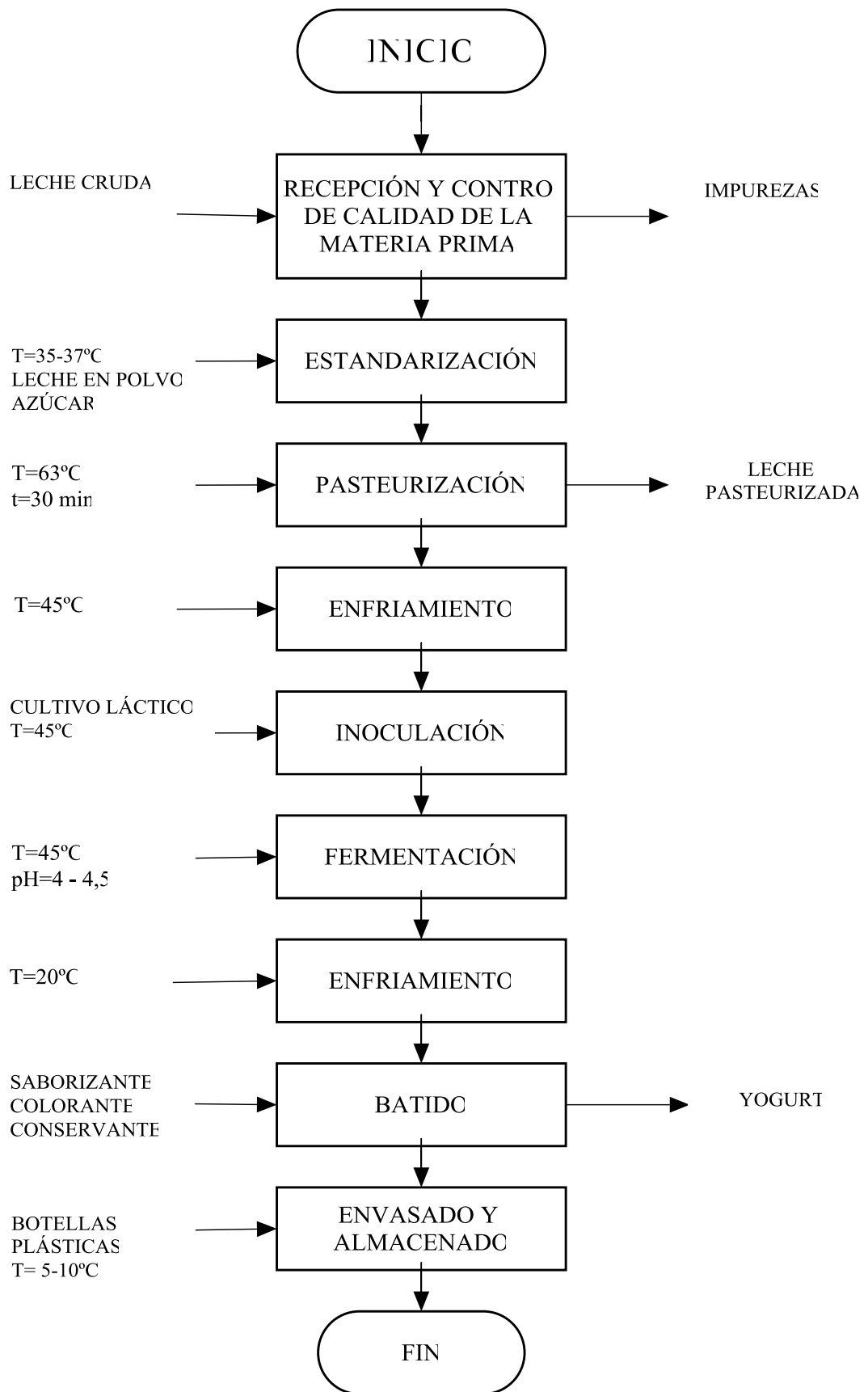


Gráfico 9-3: Diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.3.3 Descripción del diagrama

3.3.3.1 Recepción y control de calidad de la materia prima

La leche es acopiada en un tanque de recepción de acero inoxidable 304, que contiene un lienzo por donde se filtra la leche para evitar el paso de contaminantes procedentes de la etapa de ordeño y transporte de leche, una vez medido el volumen de 500 litros, se realiza un control de calidad mediante la determinación del pH 6,7 a temperatura ambiente.

3.3.3.2 Estandarización

La leche es transportada a la pasteurizadora de acero inoxidable 304, la cual consta de dos cámaras, la una para el contenido de leche y la otra para entrada de vapor, el cual es proporcionado por un caldero horizontal, tanto la pasteurizadora como el caldero de propiedad de la microempresa, una vez el sistema haya alcanzado los 35°C, se procede a añadir leche en polvo (15,42 Kg) para regular el contenido de sólidos no grasos y conseguir una cantidad adecuada para que las bacterias ácido lácticas tengan suficiente alimento, así también una vez que el sistema llegue a 37°C se añade sacarosa (46,26 Kg), mediante el agitador que posee el equipo se asegura la correcta homogenización de los aditivos.

3.3.3.3 Pasteurización

Una vez homogenizado el sistema, se verifica que alcance una temperatura de 63°C y se estabilice durante 30 minutos de esta manera se asegura la destrucción térmica de los microorganismos que posee la leche y se garantiza la inocuidad del producto final.

3.3.3.4 Enfriamiento

Se transporta la mezcla pasteurizada al tanque fermentador de acero inoxidable 304, el cual está dotado de un serpentín por donde pasa un fluido de enfriamiento en este caso agua (14°C), por medio de este sistema se logra enfriar a 45°C los 506,43 Kg de mezcla en 1 hora, asegurando un sistema adecuado para el crecimiento de las bacterias lácticas.

3.3.3.5 *Inoculación*

Una vez alcanzada la temperatura de 45°C se añade 0,0099Kg de cultivo láctico que contienen las bacterias *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, por medio de sistema de agitación que posee el equipo se asegura una correcta distribución

3.3.3.6 *Fermentación*

Se mantiene el sistema a una temperatura de 45°C por 5 horas, durante este periodo se da la producción de ácido láctico y cambian las propiedades de la leche convirtiéndose en yogurt, un vez alcanzado el punto isoeléctrico de la caseína es decir una acidez óptima de pH 4-4,5 se da por terminada esta etapa.

3.3.3.7 *Enfriamiento*

El enfriamiento del cuagulo inicia inmediatamente después de haber alcanzado la acidez óptima, se procede de la misma manera que en el primer enfriamiento utilizando agua a 14°C, para lograr bajar la temperatura a 20°C, así detener la actividad metabólica de los cultivos lácticos y aumentar la firmeza del gel en el yogurt.

3.3.3.8 *Batido*

Una vez enfriado el yogurt se procede añadir saborizante (1.01 Kg), colorante (0,505 Kg) de cualquier tipo (fresa, durazno, mora) y conservante el sorbato de potasio (0,027 Kg), mediante el sistema de agitación del equipo se homogeniza la mezcla hasta lograr una consistencia agradable, libre de grumos, se debe mantener una agitación ligera para no contar el gel.

3.3.3.9 *Envasado y Almacenado*

Finalmente el yogurt es envasado con la ayuda de una maquina envasadora en botellas plástica de 1 litro previamente esterilizadas, el producto se lleva a refrigeración a una temperatura de 5-10°C, para su posterior distribución.

3.3.4 Validación del proceso

Se realizó la validación del proceso en el laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, se realizó una caracterización del producto final obtenido al final de la prueba piloto para validar el proceso diseñado. La validación del proceso se realiza en base a la norma NTE INEN 2395:2011 la misma que especifica los valores óptimos que debe tener el yogurt para su consumo.

3.3.4.1 Análisis físico-químicos y microbiológicos

Los análisis se realizaron en el laboratorio CESTTA ubicado en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y con los datos obtenidos se determinó que el producto final cumple con la normativa vigente, los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 36-3: Resultados de los análisis físico-químicos del yogurt (Ver Anexo H)

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Valor Limite Permisible	
				Min.	Max.
Grasa	AOAC 960.39B	%	5,10	2,5	-
Proteína	PEE/CESTTA/156	%	3,90	2,7	-

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

De igual manera para los análisis microbiológicos, se tomó una muestra del yogurt y se lo llevo a análisis en el laboratorio CESTTA los resultados cumplen con la normativa establecida para la validación.

Tabla 37-3: Análisis microbiológico del yogurt (Ver Anexo I)

Parámetros	Método/Norma	Unidad	Resultado	Valor límite Permisible
E.coli,	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

Fuente: Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA)

3.4 Distribución de la planta

La planta de la microempresa Lácteos “San Carlitos” cuenta con un área de 80 m², en la que se elabora queso fresco diariamente, para el diseño del nuevo proceso se destinó 500 litros de leche de su reserva diaria de 2 000 litros, dado que se va a realizar los dos procesos simultáneamente se requiere incluir más equipos y se utilizara la misma área de producción.

3.4.1 Descripción de áreas de la planta

- Área de recepción de materia prima: Es el área donde se recolecta la materia prima (leche cruda) aquí se realiza un proceso de inspección visual para evitar que la leche ingrese con alguna impureza y comprobar que sea del día.
- Área de laboratorio: Aquí se realizan los análisis a la materia prima y se determina la calidad de esta. Además en esta área se realiza en pesaje de los aditivos que se le adiciona a la leche para su transformación.
- Área de producción: En esta área se encuentran todos los equipos para la elaboración de yogurt, aquí los equipos se encuentran debidamente distribuidos para facilitar la movilización del personal, además se realiza en control de las variables del proceso y de la calidad del producto final.
- Área de envasado y etiquetado: En esta área se encuentra la maquina envasadora, aquí se debe de contar con espacio suficiente y cómodo ya que el etiquetado se va a realizar manualmente.
- Área de refrigerado: Esta área es muy impórtate ya que el producto terminado se debe trasportar inmediatamente allí para conservar sus propiedades previo a su salida al mercado.
- Bodega: Esta área se almacena los aditivos para la producción de yogurt como son azúcar, leche en polvo, colorantes y saborizantes. Además se guarda herramientas para el mantenimiento de los equipos.
- Oficinas: En este lugar se controla las funciones administrativas y de contabilidad de la microempresa Lácteos “San Carlitos”.

3.4.2 Capacidad de producción

De una cantidad de 500 litros de leche se obtiene aproximadamente 456 litros de yogurt los cuales son envasados en recipientes de plástico de 1 litro.

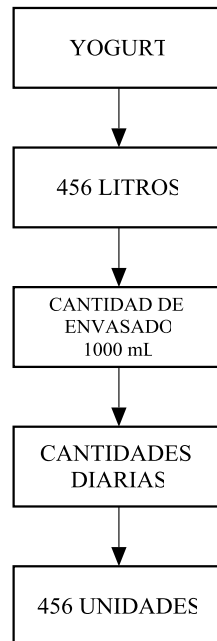


Gráfico 10-3: Capacidad de producción

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.5 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

A continuación se describe los equipos que requiere la planta para el proceso de elaboración de yogurt.

3.5.1 Equipos con los que cuenta la planta para la elaboración de yogurt

Tabla 38-3: Descripción de los equipos que la planta posee

Equipo	Descripción	Característica
Pasteurizador	Equipo de acero inoxidable 304 con el que cuenta la microempresa, este consiste en un sistema de calentamiento indirecto, es decir contiene una camisa o chaqueta de vapor que rodea al tanque donde se coloca la leche, el vapor suministrado proviene de la caldera, este equipo posee un sistema de agitación para la homogenización de los aditivos	Altura: 0,76 m Diámetro: 1 m Capacidad: 500 L Sistema de agitación: Palas plana inclinadas Número de paletas :4

	que se suministran al inicio del proceso. Se trata de un reactor tipo Batch ya que la carga y descarga de la materia prima se dará una vez al día.	Potencia: 0,5 Hp
Caldera	El equipo que posee la microempresa, es un caldero horizontal que cuenta con una chimenea, este equipo provee el calor necesario para que se produzcan los procesos de transformación en la planta.	Longitud: 1,80 Diámetro: 0,80 Longitud de la chimenea: 1,20 m Diámetro de la chimenea: 0,25m Combustible: diésel Calor generado. 30 KW Presión: 80-200 PSI

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.5.2 Equipos requeridos para el proceso de elaboración de yogurt

Tabla 39-3: Descripción de los equipos requeridos para el proceso

Equipo	Descripción	Característica
Tanque de recepción de leche	Recipiente fabricado de acero inoxidable 304 donde se almacena la materia prima, leche recién ordeñada para el posterior proceso de elaboración de yogurt. Este debe ser cuidadosamente lavado tras cada recolección.	Volumen: 0,60 m ³ Diámetro: 1m Altura: 0,8 m Capacidad: 500 L
Fermentador	Es un equipo fabricado de acero inoxidable 304, que cuenta con un tanque de fermentación con un serpentín en su interior por donde pasa agua como líquido de enfriamiento, además el equipo está dotado de un sistema de agitación de 4 paletas, para homogenizar los aditivos al final del proceso. En este equipo se lleva a cabo 3 etapas un enfriamiento previo, la fermentación y un enfriamiento final.	Altura: 0,9 m Diámetro: 0,9 m Capacidad: 500 L Sistema de agitación: palas planas inclinada Numero de paletas :4 Potencia: 0,25 Hp Diámetro del serpentín: 0,7 m Longitud del serpentín: 29 m Numero de espiras: 13
Envasadora	Equipo de acero inoxidable de 304, es un sistema automático con dos boquillas que dosifica el yogurt al envase.	Numero de boquillas: 2 Requerimientos eléctricos: 220V

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.5.3 Equipos requeridos para el control del proceso de elaboración de yogurt

Tabla 40-3: Materiales necesarios para el control del proceso a nivel de laboratorio y de planta

Equipo	Característica
PHmetro	Equipo para medición de pH
Refractómetro	Equipo para medición de ° Brix
Lienzo	Tela usada en la industria láctea para la filtración de leche
Balanza analítica	Usada para el pesaje del cultivo láctico y del colorante ya que permite obtener pesos exactos
Vaso de precipitación	Material usado para las pruebas de laboratorio
Probeta	Materia para medir exactamente un volumen
Varilla de agitación	Materia para homogenizar la muestra
Termómetro	Instrumento usado en el proceso para controlar sus variables
Espátula	Instrumento que ayuda a la toma de muestra y pesaje de insumos
Piseta	Materia usado para las pruebas de laboratorio

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6 Costo de producción

3.6.1 Costo de los equipos

A continuación se presenta el costo de los equipos que se debe añadir a la línea de producción, además de los materiales que se usarán en el control de calidad, para que se lleve a cabo el proceso de transformación de 500 litros de leche a yogurt.

Tabla 41-3: Costos de los equipos para la elaboración de yogurt

Equipo	Cantidad	Costo(\$)
Tanque de recepción de leche	1	800
Fermentador	1	3500
Envasadora	1	5000
TOTAL		9300

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 42-3: Costos de los materiales para la elaboración de yogurt

Equipo	Cantidad	Costo (\$)
pHmetro digital	1	400
Refractómetro	1	450
Termómetro	1	90
Balanza analítica	1	250

Balanza plataforma	1	84
Lienzo	3	9
TOTAL		1283

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6.2 Costo de la materia prima

Se presenta los costos de la materia prima, aditivos e insumos necesarios para producir aproximadamente 456 litros de yogurt. Se toma en cuenta que como la empresa va adquirir estos insumos en grandes cantidades su precio será menor que el que vemos habitualmente en el mercado.

Tabla 43-3: Costo de la materia prima, aditivos e insumos para producir 1 litro de yogurt

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario(\$)	Costo total(\$)
Leche cruda	1	L	0,30	0,30
Aditivos				
Leche en polvo	0,03084	Kg	4,5	0,1388
Sacarosa(Azúcar)	0,09252	Kg	1,0	0,09252
Cultivo	0,00002	Kg	120	0,0024
Sorbato de potasio	0,00006	Kg	20	0,0012
Saborizante	0,0018	Kg	20	0,036
Colorante	0,009	Kg	20	0,018
Insumos				
Envases plásticos	1	Unidades	0,25	0,25
Etiquetas	1	Unidades	0,05	0,05
TOTAL				0,89

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Tabla 44-3: Costo de la materia prima, aditivos e insumos para producir 456 litros de yogurt.

Materia prima	Cantidad	Unidad	Costo unitario(\$)	Costo total(\$)
Leche cruda	500	L	0,30	150
Aditivos				
Leche en polvo	15,42	Kg	4,50	69,39
Sacarosa(Azúcar)	46,26	Kg	1,00	46,26
Cultivo	0,0099	Kg	120	1,19
Sorbato de potasio	0,027	Kg	20	0,54
Saborizante	1,01	Kg	20	20,2

Colorante	0,505	Kg	20	10,1
Insumos				
Envases plásticos	456	Unidades	0,25	114
Etiquetas	456	Unidades	0,05	22,8
TOTAL				434,48

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6.3 Costo de mano de obra

El costo de la mano de obra se considera tomando en cuenta que el personal laborará solo 16 días al mes.

Tabla 45-3: Costo de mano de obra

Personal	Cantidad	Salario unitario(\$)	Salario mensual(\$)
Técnico	1	600	600
Operario	2	380	760
TOTAL			1360

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6.4 Costo de los análisis de laboratorio

Se presenta el costo de los análisis de laboratorio, basados en la cotización de un laboratorio acreditado, no incluye el análisis de estabilidad.

Tabla 46-3: Costo de los análisis de laboratorio

Análisis de Laboratorio	Costo(\$)
Análisis físico-químicos y microbiológicos de la leche	106
Análisis físico-químicos del yogurt	45
Análisis microbiológico del yogurt	60
TOTAL	211

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6.5 Costo del consumo de energía

Tabla 47-3: Costo del consumo de energía

Operación	KW	Tiempo de operación (h)	KW.h	Costo de KW.h	Costo total por día (\$)
Pasteurización	27,9	0,5	13,95	0,09	1,26
Estandarización	0,37	0,25	0,0925	0,09	0,01

Fermentación	0,19	0,50	0,095	0,09	0,01
TOTAL					1,28

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

3.6.6 Presupuesto de producción

Tomando en cuenta las Tablas 43-3 y 45-3 donde se muestran los costos variables del proceso, además de eso considerando una utilidad del 20 % para la industria se obtiene el costo por unidad en un escenario de ventas medio en el cual se trabajará 4 días por semana.

Tabla 48-3: Relación costo-beneficio para producción de yogurt

Cantidad yogurt a producir (L)	Volumen de yogurt por unidad(L)	Cantidad de producción	Costo por unidad	Total de ingresos vendido(\$)
456	1	456	1,35	615,6
Ingresos(\$)				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
615,6	2462,4	9849,6	118195,2	
Egresos(\$)				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
434,48	1737,92	6951,68	83420,16	
Ganancia(\$)				
Diario	Semanal	Mensual	Anual	
181,12	724,48	2897,92	34775,04	

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

El proceso de producción de yogurt generará 456 litros cada lote, por lo tanto 456 unidades de 1 litro, a un costo por unidad de \$1,35 siendo optimistas y que en el mercado se expenda todo el producto entregado tendremos un ingreso diario de \$615,6 y una cantidad de egresos de \$434,48 tomando en cuenta solo el costo de la materia prima usada en la producción, por lo que se evidencia una ganancia de \$181,12 cada día laborado de la semana, nos proyectamos a datos semanales, mensuales, anuales teniendo un total de ganancia anual de \$ 34775,04.

Tabla 49-3: Presupuesto total anual para la producción de yogurt

Rubros	Inicial	1er año	2do año
Ingresos			
Ventas netas		118195,20	122849,76

Egresos			
Materia prima(Tasa de inflación 0,0159)	-	77831,27654	79068,79384
Mano de obra	-	13200	13409,88
Inversión en equipos y materiales	-10683,0	-	-
Mantenimiento y seguros de los equipos	-	744	755,83
Depreciación de los equipos (a 5 años-20%)	-	2134,8	4269,6
Costo del consumo de energía	.	337,92	675,84
Servicios básicos	-	1200	1219,08
Análisis de laboratorio	-	2532	2572,26
Transporte	-	960	975,264
Permisos de funcionamiento(RISE)	-	146,4	148,73
TOTAL GANANCIAS	-10683,0	19108,80	19754,48

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

Para el proceso de implementación de la planta se necesitará una inversión de \$10683 tomando en cuenta los equipos y materiales que se necesita implementar en la planta, la totalidad de las ganancias se obtuvieron tomando en cuenta la materia prima considerando una tasa de inflación de 0,0159, mano de obra, mantenimiento y seguros de los equipos, depreciación de los equipos a 5 años, costo del consumo de energía, servicios básicos, análisis de laboratorio, transporte considerando el gasto de combustible, permisos de funcionamiento, de esta manera se determina una ganancia anual de \$19108,80 eso nos indica que la cantidad de dinero invertido se logrará recuperar en aproximadamente 8 meses.

Se evidencia un valor de VAN (Valor actual neto) \$17.734,04 el cual representa la diferencia entre los ingresos y la inversión inicial, además un TIR (Tasa interna de retorno) 139% que representa la rentabilidad que tiene el proyecto, por lo tanto podemos decir que el proyecto es económicamente rentable y producirá beneficios a la microempresa. Cabe recalcar que estos datos son proyectados hacia cuando la empresa esté totalmente consolidada y venda todo el producto que genera.

3.7 Cronograma

Tabla 50-3: Cronograma

ACTIVIDAD	TIEMPO																											
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión bibliográfica.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Muestreo y Caracterización de la materia prima.		■	■	■																								
Simulación del proceso e identificación de variables (Obtención del yogurt a escala de laboratorio).				■	■	■	■																					
Diseño de Ingeniería (Dimensión del sistema de producción).								■	■	■	■																	
Validación de proceso.											■	■	■															
Elaboración y corrección de borradores, tipiado del trabajo final.														■	■	■	■	■	■									
Empastado y presentación del trabajo final.																				■	■							
Auditoría académica.																										■	■	
Defensa del trabajo.																											■	■

Realizado por: Verónica Telenchano, 2018.

ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

El proceso para elaboración de yogurt en la microempresa Lácteos “San Carlitos” inicio con el muestreo de la materia prima siguiendo las directrices establecidas en la norma NTE INEN-ISO 707 para la toma de muestras de leche, seguidamente se realizó la caracterización de la materia prima es decir la leche con la que cuenta la empresa para elaborar quesos diariamente, éstos análisis fueron realizados por el laboratorio CESTTA, en donde se determinó la densidad 1,028 g/ml, además esta materia prima contiene 3% de grasa; 0,63% de acidez titulable como ácido láctico; 11,21% sólidos totales; 8,21% sólidos no grasos; 0,71% ceniza y 3,39% proteína, según los análisis microbiológicos contiene $16 \cdot 10^7$ UFC/cm³ de aerobios mesófilos, existe un parámetro fuera de los límites permisibles de la norma, el conteo de aerobios mesófilos dicho aspecto puede contrarrestarse fácilmente en la etapa de pasteurización, por lo tanto se considera como materia prima óptima para la producción de yogurt según lo establecido en la norma NTE INEN 09: 2012, LECHE CRUDA. REQUISITOS,

Mediante ensayos de laboratorio se experimentó diferentes formulaciones para la elaboración de yogurt, de entre ellas se puso a consideración dos: la primera catalogada con el número 1216 consta de: 9% de azúcar, 3% leche en polvo, 0,2% de saborizante, 0,1% de colorante, la segunda formulación catalogada con el número 9440 consta de: 10% de azúcar, 2% leche en polvo, 0,15% de saborizante y 0,15% de colorante. Según Ramírez en 2010, establece que se puede añadir una cantidad de leche en polvo de 2 al 3% esto para regular la cantidad de sólidos no grasos en la leche para esto se usa como referencia la cantidad de °Brix presentes ya que gran parte de los sólidos no grasos es la lactosa el azúcar de la leche, de la caracterización de la materia prima se tiene 8,21 °Brix de la leche inicial y se buscó llegar entre 14-18 °Brix para que las bacteria ácido lácticas tengan suficiente alimento, para escoger entre las dos formulaciones se realizó pruebas físico-químicas a nivel de laboratorio determinándose resultados similares, de igual manera se realizó análisis microbiológicos reportándose buenos resultados en ambas formulaciones según la norma NTE INEN 2395:2011.

Para seleccionar la formulación preferida por el público se realizó un análisis sensorial dado por encuestas de aceptación a jueces afectivos, la encuesta se realizó a 120 personas en el mercado “La Condamine” de la ciudad de Riobamba, para cuantificar los resultados se utilizó el Software estadístico IBM SPSS Statistics, mediante la prueba de Chi-Cuadrado de Pearson donde se pudo evidencia que existió diferencias altamente significativas en cada uno de los parámetros

analizados estos resultados permitieron la discriminación final de las formulaciones, por lo que se escogió la formulación 1216 que tuvo mayor preferencia, para llevarla a escala industrial.

Se procedió a realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de los equipos tomando en cuenta que la empresa a futuro podrá a disposición 500 litros diarios de leche para procesar, se diseñó un tanque de recepción de materia prima y un fermentador de serpentín, dado que la planta en la actualidad se dedica la producción de quesos cuenta ya con un pasteurizador y una caldera, realizando los balances de masa se determinó que el proceso posee un rendimiento del 86,6% eso quiere decir que no existen pérdidas de materia y que casi toda la materia prima que ingresa en el sistema se transforma en yogurt.

Se diseñó un tanque de recepción de materia prima de acero inoxidable 304 en donde por medio de una tela de lienzo se filtra la leche en la alimentación del tanque esta técnica es aplicada ya por la empresa para eliminar cuerpos extraños procedentes del ordeño o transporte de la leche, las dimensiones del tanque son las siguientes: volumen 600 m^3 esto para evitar el derrame de la leche, altura 0,8 m; diámetro 1,0 m y área $3,3 \text{ m}^2$.

Se diseñó un fermentador de serpentín de acero inoxidable 304, por su menor costo de implementación tomando en cuenta los requerimientos de la planta, además porque el proceso requiere de dos etapas de enfriamiento una antes de la fermentación y otra al final del proceso, este tanque fermentador consta de un serpentín de $\frac{1}{2}$ pulgada en el interior por donde pasará un flujo de agua a temperatura ambiente hasta que el sistema alcance la temperatura deseada, en la etapa de fermentación el sistema interactúa por 5 horas durante este periodo se evidencia pérdidas de calor por lo cual se añadió un aislante térmico de espuma de poliuretano al tanque para evitar pérdidas de calor.

Los valores del dimensionamiento del fermentador de serpentín son: volumen $0,6 \text{ m}^3$, diámetro 0,9 m; altura 0,9 m; área $3,8 \text{ m}^2$; diámetro del serpentín 0,7 m; altura del serpentín 0,6 m; separación entre espiras 0,051; número de espiras 13; longitud del serpentín 29 m y área $1,1 \text{ m}^2$; además el equipo cuenta con un sistema de agitación de 4 palas para el mezclado de los aditivos, cuyas dimensiones son las siguientes: diámetro de las paletas 0,3 m; distancia de las paletas con relación al piso 0,30 m; altura de las paletas 0,06; ancho de las paletas 0,08 m y una potencia de 0,25 Hp.

Se procedió a realizar la validación del proceso mediante los análisis físico-químicos y microbiológicos del producto final obtenido, los cuales fueron realizados por el laboratorio

acreditado CESTTA, la caracterización del producto final se realizó tomando en cuenta lo establecido en la norma NTE INEN 2395: 2011. LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS, de esto se reporta que el yogurt contiene 5,11% de grasa, 3,90 % de proteína, 26,69% de sólidos totales y de análisis microbiológicos $<10 \text{ UFC/cm}^3$ de E. Coli, $<10 \text{ UFC/cm}^3$ Mohos y levaduras y $<10 \text{ UFC/cm}^3$ de Coliformes totales por lo tanto se establece que el producto final cumple con la normativa y se da por validado el proceso.

La inversión necesaria para la implementación de proceso es de \$10683; este valor se determinó tomando en cuenta la adquisición de los equipos y la compra de varios materiales para iniciar la producción, diariamente la planta producirá 456 unidades de 1 litro a un precio de venta de \$1,35 con esto se puede determinar el total de ganancias anuales \$34775,04.; además para los costos de producción anual se consideró; materia prima a una tasa de inflación anual de 0,0159; mano de obra, mantenimiento y seguros de los equipos, depreciación de los equipos a 5 años, costo de generación de vapor, servicios básicos, análisis de laboratorio, transporte considerando el combustible, permisos de funcionamiento; con todo esto se determinó un total de ganancias netas de \$19108,80 por lo tanto la inversión inicial se recupera en aproximadamente ocho meses eso quiere decir que el proyecto es totalmente factible.

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la leche cruda obtenida de la microempresa Lácteos “San Carlitos” según la norma NTE INEN 09:2012. LECHE CRUDA. REQUISITOS y se obtuvo resultados favorables por consiguiente la leche cruda se acepta como materia prima apta para la elaboración de yogurt.
- Se identificó las variables de proceso estas fueron, la temperatura, tiempo, pH, °Brix, cantidad de: azúcar, leche en polvo, saborizante y colorante, dichos aspectos son controlados durante el proceso de elaboración de yogurt, las etapas en las que se encuentran son: estandarización, pasteurización, inoculación, fermentación, enfriamiento.
- Se realizó el diseño de ingeniería para la elaboración de yogurt, con la formulación 1216, posteriormente con el balance de masa se determinó que la producción tiene un rendimiento de 86,6% lo cual demuestra que el proceso no genera mayores pérdidas por lo tanto es aplicable.
- Se realizó el diseño del tanque de recepción en acero inoxidable 304, el cual tiene las siguientes dimensiones: volumen 0,6 m³; altura 0,8 m; diámetro 1,0 m y área 3,3 m².
- Se realizó el diseño del fermentador de serpentín en acero inoxidable 304, cuyas dimensiones son: volumen 0,6 m³, diámetro 0,9 m; altura 0,9 m; área 3,8 m²; diámetro del serpentín 0,7 m; altura del serpentín 0,6 m; separación entre espiras 0,051; número de espiras 13; longitud del serpentín 29 m y área 1,1 m²; el equipo cuenta con un agitador de 4 palas cuyas dimensiones son las siguientes: diámetro de las paletas 0,3 m; distancia de las paletas con relación al piso 0,30 m; altura de las paletas 0,06; ancho de las paletas 0,08 m y una potencia de 0,25 Hp.
- Se validó el proceso industrial para la elaboración de yogurt por medio de los análisis efectuados en el laboratorio CESTTA al producto final, y se evidenció que hubo cumplimiento de la norma NTE INEN 2395:2011. LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS por lo tanto el diseño del proceso es válido para la microempresa Lácteos “San Carlitos”.

- La relación costo-beneficio para una producción de 456 litros diarios de yogurt en la planta propuesta genera en el primer año de producción una ganancia de \$34775,04 al determinar que el producto será vendido en \$1,35; considerando que es una marca nueva y su precio es moderado, la inversión se puede recuperar en aproximadamente ocho meses por lo que el proyecto es totalmente factible y producirá ganancia favorables a la microempresa.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los operadores de la planta conozcan acerca de las buenas prácticas de manufactura y las apliquen en el proceso para garantizar la inocuidad del producto final.
- Se debe garantizar que la materia prima, aditivos e insumos se encuentren en óptima calidad para esto se recomienda realizar análisis de laboratorio todos los días.
- Se recomienda que el cultivo usado se encuentre en refrigeración para evitar su adulteración.
- Se recomienda realizar una prueba de estabilidad a la leche para garantizar su calidad.
- Se recomienda que el aislante de poliuretano sea recubierto con una malla protectora para evitar su desgaste y que produzca contaminación en el área de producción.

BIBLIOGRAFIA

- **AGUDELO, Divier A. & BEDOYA, Oswaldo A.** “Composición nutricional de la leche de ganado vacuno”. *Revista Lasallista de Investigación.* , vol. 2, nº 1 (2005), (Colombia) pp. 38-42.
- **ALAIS, Charles.** *Ciencia de la Leche: Principios de Técnica Lechera.* Barcelona-España, 1985, pp. 3-5.
- **ARÉVALO, Mayra.** *Elaboración de yogur a base de bacterias probióticas, prebióticos y vitamina a en la planta piloto de lácteos de la Universidad de Cuenca,* [En línea] (tesis). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas. Cuenca - Ecuador. 2015. p. 15. [Consulta: 30 de marzo 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21946/1/TESIS.pdf>
- **ARIAS, Santiago.** *Elaboración de yogurt de higo maduro (ficus carica) con dos tipos de cultivos, dos tipos de conservante y dos temperaturas, empleando el método semi-industrial.* [En línea]. (Tesis). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga- Ecuador. 2010. pp. 6- 20. [Consulta: 2018-03-20]. Disponible en: [file:///C:/Users/HP14/Downloads/T-UTC-1211%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/HP14/Downloads/T-UTC-1211%20(1).pdf)
- **BADUI, S.** *Química de los alimentos.* México D.F.: Pearson, 2006, pp. 20-35.
- **BAUMA, Guillermo & LONGO, Emiliano.** *El yogurt un Alimento Esencial.* [En línea]. Rosario – Argentina, 2007, p.1. [Consulta: 30 de marzo 2018]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos38/yogurt/yogurt.shtml>
- **BUÑAY BARAHONA, Narda C. & PERALTA VÁSQUEZ, Fernanda K.** *Determinación del recuento de Aerobios Mesófilos en leche cruda que ingresa a industrias Lacto Ochoa - Fernández CIA. LTDA.* [En línea]. (Tesis). Universidad de Cuenca. Cuenca – Ecuador. 2015. pp. 18-22. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21584/1/TESIS.pdf>
- **BONET, Bartolomé; et al.,** *Libro Blanco de los Lácteos.* [En línea]. Madrid-España. Plan de Nutrición y Comunicación: Productos lácteos insustituibles, 2010, p.24-27. [Consulta: 30 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.lacteosinsustituibles.es/p/archivos/pdf/LibroBlanco.pdf>
- **BYLUND, G.** *Manual de Industrias Lácteas.* España: Ediciones Calle Almasa, 1996, p.331.
- **CAJAS, F.** *Diseño de una planta piloto para la industrialización de Stevia en la comunidad Cueva de los Monos, cantón Sacha, provincia de Orellana.* [En línea]. (Tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador, 2011, pp. 30-35. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4379/1/cd-3987.pdf>



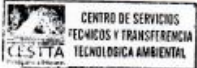
- **CENGEL, Y.** Transferencia de Calor y Masa. Un enfoque práctico. México D.F.: McGraw-Hill, 2007, pp. 30-70.
- **EARLY, R.** Tecnología de los productos lácteos. 2 ed. Trad. R. Oria. Zaragoza – España: Editorial Acirbia, 1998, p. 469.
- **ESTRADA MARTÍNEZ, Marco A.** *El libro blanco de la leche y los productos lácteos.* [En línea]. 1ª ed. Mexico D.F. Cámara Nacional de Industriales de la Leche, 2010, pp. 31-32. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf
- **EXCELENCIAS GOURMET.** *Origen del Yogurt* [En línea]. Exclusivas Latinoamericanas S.L., España, 2009, p.1. [Consulta: 5 abril 2018]. Disponible en: <http://www.excelenciasgourmet.com/es>
- **GAMBELLI, L. & MANZI, P.** Los constituyentes de la importancia nutricional de los productos lácteos fermentados comercializados en Italia. Química de Alimentos. Italia. 1999, pp.353-358.
- **GEANKOPLIS, C.** Procesos De Transporte Y Operaciones Unitarias. Minnesota-EEUU: University of Minnesota, 1998, pp. 40-56.
- **GILLILAND, S. E.** *Health and nutritional benefits from lactic acid bacteria.* FEMS. Microbiol, USA, 1990, pp. 175-188.
- **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.** *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Chimborazo* [en línea].Riobamba-Ecuador, 2015, p. 129. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.chimborazo.gob.ec/chimborazo/wp-content/uploads/PD-y-OT.pdf>
- **HERNÁNDEZ, A. & ALFARA L.** Microbiología de los alimentos. Mexico D.F., 2003, p.267.
- **HERNÁNDEZ, H. & SOLÓRZANO, R.** *Elaboración de productos Lácteos* [En línea]. Ministerio para la Economía Popular. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. República Bolivariana de Venezuela, 2005, p.33. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en:http://www.inces.gob.ve/wrappers/AutoServicios/Aplicaciones_Intranet/Material_Formacion/pdf/ALIMENTACION/ELABORADOR%20DE%20PRODUCTOS%20LACTEOS%2021412125/CUADERNOS/ELABORACION%20DE%20PRODUCTOS%20LACTEOS%201-2.pdf
- **ILLESCAS, C.E.** Curso teórico practico sobre lactología. Toledo-España. 2001. pp. 13-17.
- **LÓPEZ, A.** Manual de industrias lácteas. Madrid-España: Tetra Pak Processig System A.B., 2003, p.21.

- **LÓPEZ RUIZ, Ángel Luis, & BARRIGA VELO, Diego.** *La leche, composición y características*. [En línea]. Sevilla - España. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2016, p.16. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: <file:///C:/Users/HP14/Downloads/La%20leche,%20composicion%20y%20caracteristicas.pdf>
- **MACEDO, Reyes & VELEZ, Jorge.** “Propiedades Fisicoquímicas y de Flujo de un Yogur Asentado Enriquecido con Microcápsulas que Contienen Ácidos Grasos Omega 3”. *Revista Scielo* [en línea], 2015, (México), p2. Consulta: 31 marzo 2018]. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n5/art12.pdf>
- **MAHAUT, M.; et al.** *Productos lácteos industriales*. España: Editorial Acribia. Trad.RO Almundí, 2003, p.177.
- **McCABE, W.; SMITH, J., & HARRIOT, P.** *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México D.F.: McGraw-Hill, 2007, pp. 45-68.
- **MILIAN, G.** *Empleo de probióticos a base de Bacillus sp y sus endosporas en la producción avícola*. Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24. San José de las Lajas - La Habana, 2005, p.16. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/libros/index/assoc/HASH01b8.dir/doc.pdf>.
- **NTE INEN 9.** *Leche Cruda. Requisitos*. Quito-Ecuador.2012.
- **NTE INEN 11.** *Leche. Determinación de la densidad relativa*. Quito-Ecuador.1984.
- **NTE INEN 2395.** *Leches Fermentadas. Requisitos*. Quito-Ecuador.2011.
- **NTE INEN- ISO 707.** *Leche y Productos Lácteos. Directrices para la Toma de Muestras*. Quito-Ecuador.2008.
- **PÉREZ, Jorge.** *Diseño de prototipo para la automatización del proceso de elaboración del yogurt en el laboratorio de planta piloto de la Universidad Popular del César*. [En línea]. (Tesis). Universidad Popular del César. Facultad de Ingeniería y Tecnologías. Valledupar – Colombia, 2016, p.31. [Consulta: 31 marzo 2018]. Disponible en: <http://hemeroteca.unicesar.edu.co/IMG/pdf/t-620-ie-232-ano-2016-2.pdf>
- **PÉREZ, Y.** *Leche y derivados lácteos* [blog]. España: El Dietista, 2015. [Consulta: 30 marzo 2018]. Disponible en: <https://eldietista.es/blog/alimentos/leche-y-derivados-lacteos>
- **PINZÓN FERNÁNDEZ, A.** *Montaje de una planta piloto para la producción y comercialización de leche pasteurizada en empaque biodegradable en la meseta de Popayán*. [En línea]. (Tesis). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Facultad de Ciencias Agrarias. Programa de Zootecnia. Popayán- Colombia. 2006. p.25. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: https://images.engormix.com/s_articles/Pinzon_leche_bacterias.PDF

- **PROAÑO, Marcia & GUAMÁN, Juan Carlos.** *Incidencia de dos tipos de fermentos comerciales en la elaboración de yogurt tipo II, empleando leche de cabra. Capra saanen.* [En línea] (tesis). (Ingeniería) Universidad Técnica del Norte, Ibarra- Ecuador. 2012. pp. 24-26. [Consulta: 2018-03-20]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2103/1/03%20EIA%20316%20%20TESIS.pdf>
- **RAMÍREZ, Daniel.** *Elaboración de Yogurt.* Lima-Perú: Macro, 2010, pp. 15- 40.
- **ROJAS, Yessica.** *Influencia de la Adición de aguaymanto (Physalis peruviana l.) en las características fisicoquímicas y organolépticas del yogurt natural.* [En línea]. (Tesis). Universidad Nacional de Huancavelica. Facultad de Ciencias Agrarias. Acobamba – Perú, 2014, p. 23. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/95/TP%20%20UNH%20AGROIND%20%200012.pdf?sequence=1>
- **UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA,** *Definición, composición, estructura y propiedades de la Leche,* [en línea]. Bogotá - Colombia. Escuela de Ciencias Básicas. Tecnología de Lácteos, 2016, pp 3-5. [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en: http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/01/301105_LECTURA_Revision_de_Presaberes.pdf
- **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO.** *Fermentación Láctica.* [En línea]. Portal Académico. Mexico D.F., 2017. p.1. [Consulta: 31 marzo 2018]. Disponible en: <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia1/unidad2/fermentacion/lactica>
- **VERA, María.** *Elaboración y aplicación gastronómica del yogurt.* [En línea]. (Tesis). Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias de la Hospitalidad. Cuenca-Ecuador, 2011, pp. 40-49. [Consulta: 15 abril 2018]. Disponible en: [file:///C:/Users/HP14/Downloads/tgas18%20\(8\).pdf](file:///C:/Users/HP14/Downloads/tgas18%20(8).pdf)
- **ZIELINSHI, Ana; et al.** *Elaboración artesanal de yogur: cuadernillo para unidades de producción: apoyo al trabajo popular* [en línea]. Ed: 1. San Martín-Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI, 2013, p. 5, [Consulta: 20 marzo 2018]. Disponible en : https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/Cuadernillo_Yogur.pdf

ANEXOS

Anexo A: Análisis físico-químicos y microbiológico de la leche cruda

	CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO Panamericana Sur Km. 1 1/2, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefon: (03) 3013183																																								
INFORME DE ENSAYO No: ST:	Alm-011-18 007- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS																																								
Nombre Peticionario: Atm. Dirección:	LACTEOS "SAN CARLITOS" Verónica Telenchano Chumbo Chumbo-Chimborazo																																								
FECHA: NUMERO DE MUESTRAS: FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: FECHA DE MUESTREO: FECHA DE ANALISIS: TIPO DE MUESTRA: CÓDIGO CESTTA: CÓDIGO DE LA EMPRESA: PUNTO DE MUESTREO: ANÁLISIS SOLICITADO: PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	30 de Enero del 2018 1 2018/01/18- 16:49 2018/01/18- 12:00 2018/01/18- 2018/01/30 Leche Cruda LAB-Alm 011-18 NA Microempresa Lácteos San Carlitos Físico-Químico-Microbiológico Verónica Telenchano T máx.:25.0 °C. T mín.: 15.0 °C																																								
RESULTADOS ANALÍTICOS:																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PARÁMETROS</th> <th>MÉTODO/NORMA</th> <th>UNIDAD</th> <th>RESULTADO</th> <th>VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Densidad relativa a 20°C</td> <td>PEE/CESTTA/108 INEN 11</td> <td>-</td> <td>1,028</td> <td>1,028</td> </tr> <tr> <td>Materia grasa</td> <td>Gravimétrico</td> <td>%</td> <td>3,00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sólidos Totales</td> <td>PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20</td> <td>%</td> <td>11,21</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Sólidos No Grasos</td> <td>Gravimetría</td> <td>%</td> <td>8,21</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Ceniza</td> <td>PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46</td> <td>%</td> <td>0,71</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>*Proteína</td> <td>PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20</td> <td>%</td> <td>3,29</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos</td> <td>PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12</td> <td>UFC/cm³</td> <td>16*10⁷</td> <td>1,5x10⁸</td> </tr> </tbody> </table>		PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	-	1,028	1,028	Materia grasa	Gravimétrico	%	3,00	-	Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	11,21	-	Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,21	-	Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,71	-	*Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,29	-	Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm ³	16*10 ⁷	1,5x10 ⁸
PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)																																					
Densidad relativa a 20°C	PEE/CESTTA/108 INEN 11	-	1,028	1,028																																					
Materia grasa	Gravimétrico	%	3,00	-																																					
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	11,21	-																																					
Sólidos No Grasos	Gravimetría	%	8,21	-																																					
Ceniza	PEE/CESTTA/157 AOAC 945.46	%	0,71	-																																					
*Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,29	-																																					
Recuento de microorganismo aerobios Mesófilos	PEE/CESTTA/117 AOAC 990.12	UFC/cm ³	16*10 ⁷	1,5x10 ⁸																																					
<ul style="list-style-type: none"> • Muestra receptada en el laboratorio. • La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 9:2012 Leche Cruda. Requisitos. Solicitados a petición del cliente. 																																									
RESPONSABLE DEL INFORME:																																									
 Ing. Verónica Bravo RESPONSABLE TÉCNICO																																									
																																									
Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados MC01-16																																									
Página 1 de 1 Edición 0																																									

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICO LECHE CRUDA		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	1

Anexo B: Proceso de elaboración de yogurt a nivel de laboratorio

A.



B.



C.



D.



E.



F.



G.



H.



I.



J.



K.



L.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PROCESO DE ELABORACION DE YOGURT A NIVEL DE LABORATORIO		
A Leche B. Filtración C. Adición de Leche en polvo D. Adición de Azúcar E. Control de temperatura F. Pasteurización G. Cultivo láctico H. Pesaje del cultivo I. Incubación J. Medición de pH K. Adición de colorante y saborizante L. Yogurt	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		REALIZADO POR:	ESCALA	FECHA
			TELENCHANO VERÓNICA	1:1	2018

Anexo C: Análisis microbiológico formulación 1

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

INFORME DE ENSAYO No:	Alm-025-18
ST:	015- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Verónica Telenchano
Dirección:	Chambo Chambo-Chimborazo
FECHA:	02 de Abril del 2018
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2018/03/21- 10:36
FECHA DE MUESTREO:	2018/03/21- 08:30
FECHA DE ANÁLISIS:	2018/03/21 - 2018/04/02
TIPO DE MUESTRA:	Yogurt
CÓDIGO CESTTA:	LAB-Alm 025-18
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Fórmula 1.
ANALISIS SOLICITADO:	Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Verónica Telenchano
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

RESPONSABLES DEL INFORME:


Ing. Verónica Bravo
RESPONSABLE TÉCNICO




Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16

Página 1 de 1
Edición 0

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO FORMULACIÓN 1		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	1:1	2018	3

Anexo D: Análisis microbiológico formulación 2

 <p>CESTTA SGC</p>	<p>CENTRO DE SERVICIOS TÉCNICOS Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AMBIENTAL</p> <p>DEPARTAMENTO : SERVICIOS DE LABORATORIO</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 ½, ESPOCH (Facultad de Ciencias) RIOBAMBA - ECUADOR Telefax: (03) 3013183</p>
--	--

INFORME DE ENSAYO No:	Alm-026-18
ST:	015- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Verónica Telenchano
Dirección:	Chambo Chambo-Chimborazo
FECHA:	02 de Abril del 2018
NUMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	2018/03/21- 10:36
FECHA DE MUESTREO:	2018/03/21- 09:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2018/03/21 - 2018/04/02
TIPO DE MUESTRA:	Yogurt
CÓDIGO CESTTA:	LAB-Alm 026-18
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	Fórmula 2.
ANALISIS SOLICITADO:	Microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Verónica Telenchano
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas.. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

RESPONSABLES DEL INFORME:

Verónica Bravo
Ing. Verónica Bravo
RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
MC01-16

Página 1 de 1
Edición 0

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO FORMULACIÓN 2		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	1:1	2018	4

Anexo E: Hoja de encuesta

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

PRUEBA AFECTIVA

Nombre:..... Fecha:.....

Producto: Yogurt

INDICACIONES:

Deguste las muestras que se les presentará a continuación en el orden indicado:

Primero: la muestra 1216

Segundo: la muestra 9440

De acuerdo a la muestra 1216 completar los siguientes criterios:

ATRIBUTO	ME GUSTA	INDIFERENTE	NO ME GUSTA
SABOR			
COLOR			
DULZOR			
CONSISTENCIA			

De acuerdo a la muestra 9440 completar los siguientes criterios:

ATRIBUTO	ME GUSTA	INDIFERENTE	NO ME GUSTA
SABOR			
COLOR			
DULZOR			
CONSISTENCIA			

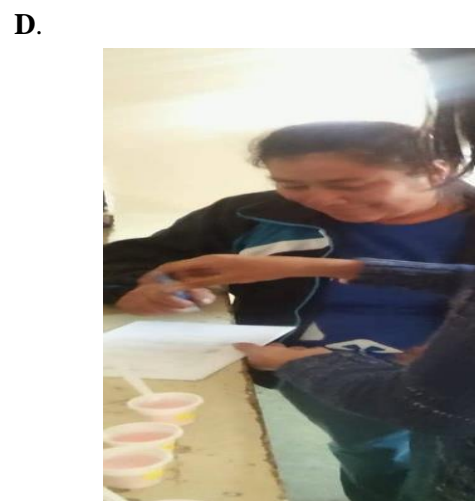
Observaciones:

.....
.....

¡Gracias!

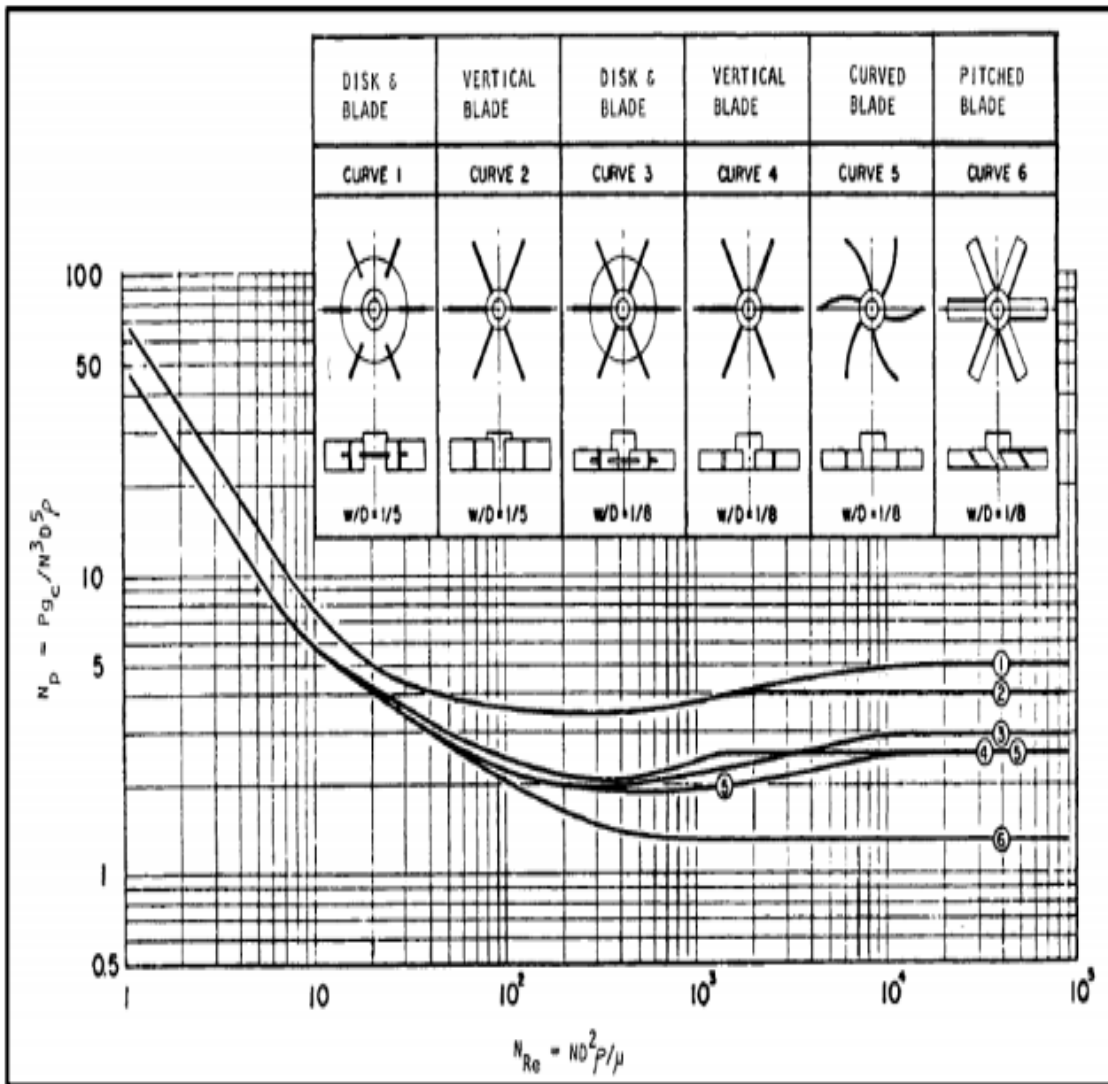
NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	HOJA DE ENCUESTA		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	1:1	2018	5

Anexo F: Análisis sensorial



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ANÁLISIS SENSORIAL		
A. Formulaciones propuestas.	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	ESCALA	FECHA	LÁMINA
B. Prueba de degustación.	<input type="checkbox"/>	APROBADO	1:1	2018	6
C. Indicaciones	<input checked="" type="checkbox"/>	POR APROBAR			
D. Llenado de la hoja de encuesta	<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR POR VERIFICAR			
		REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA			

Anexo G: Tabla relación número de Reynolds y número de potencia



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	TABLA RELACIÓN NÚMERO DE REYNOLDS Y NÚMERO DE POTENCIA		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
			1:1	2018	7

Anexo H: Resultados de los análisis fisicoquímicos del yogurt



INFORME DE ENSAYO No: Alm-051-18
ST: 024- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario: LACTEOS "SAN CARLITOS"
Atn. Verónica Telenchano
Dirección: Chambo
 Chambo-Chimborazo
 02 de Mayo del 2018

FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 2018/04/19- 15:30
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2018/04/19- 12:00
FECHA DE MUESTREO: 2018/04/19- 2018/05/02
FECHA DE ANÁLISIS: Yogurt
TIPO DE MUESTRA: LAB-Alm 051-18
CÓDIGO CESTTA: NA
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Área de producción
PUNTO DE MUESTREO: Fisico-Químico
ANÁLISIS SOLICITADO: Verónica Telenchano
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: Verónica Telenchano
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)	
				Min	Max
Grasa	AOAC 960.39B	%	5,10	2,5	-
Proteína	PEE/CESTTA/156 AOAC 991.20	%	3,90	2,7	-
Sólidos Totales	PEE/CESTTA/155 AOAC 990.20	%	26,69	-	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas. Requisitos Tabla 1 .Especificaciones de las leches fermentadas: Entera .Solicitados a petición del cliente.

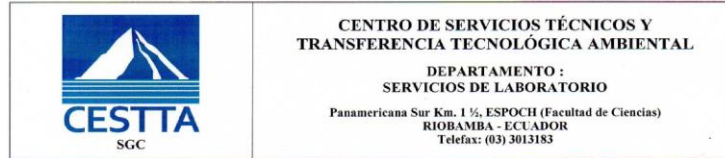
RESPONSABLES DEL INFORME:


 Ing. Verónica Bravo
 RESPONSABLE TÉCNICO



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL YOGURT		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	1:1	2018	8

Anexo I: Resultados de los análisis microbiológicos del yogurt



INFORME DE ENSAYO No: Alm-025-18
ST: 015- 18 ANÁLISIS DE ALIMENTOS
Nombre Peticionario: NA
Ata: Verónica Telenchano
Dirección: Chambo
 Chambo-Chimborazo
 02 de Abril del 2018
FECHA: 1
NUMERO DE MUESTRAS: 2018/03/21- 10:36
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB: 2018/03/21- 08:30
FECHA DE MUESTREO: 2018/03/21 - 2018/04/02
FECHA DE ANÁLISIS: Yogurt
TIPO DE MUESTRA: LAB-Alm 025-18
CÓDIGO CESTTA: NA
CÓDIGO DE LA EMPRESA: Fórmula 1.
PUNTO DE MUESTREO: Microbiológico
ANÁLISIS SOLICITADO: Verónica Telenchano
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA: T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE (■)
E. coli	PEE/CESTTA/122 AOAC 991.14/AOAC 998.08	UFC/g	<10	-
Mohos y levaduras	PEE/CESTTA/120 AOAC 997.02	UFC/g	<10	500
Coliformes Totales	PEE/CESTTA/123 AOAC 991.14	UFC/g	<10	100

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna marcada (■) contemplan los límites máximos permisibles contemplados en la INEN 2395:2011 Leches Fermentadas.. Requisitos. Solicitados a petición del cliente.

RESPONSABLES DEL INFORME:

[Firma]
 Igg. Verónica Bravo
 RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
 Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
 MC01-16

Página 1 de 1
 Edición 0

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL YOGURT		
	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input checked="" type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	ESCALA	FECHA
			1:1	2018	9

Anexo J: Microempresa Lácteos “San Carlitos”

A.



B.



C.



D.



NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: TELENCHANO VERÓNICA	MICROEMPRESA LÁCTEOS “SAN CARLITOS”		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
A. Exterior de la microempresa	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO			
B. Planta procesadora de quesos	<input type="checkbox"/>	APROBADO			
C. Pasteurizador	<input checked="" type="checkbox"/>	POR APROBAR			
D. Caldera	<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR			
	<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR	1:1	2018	10