



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

**“DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT  
EN LA QUESERA DOÑA ISABELITA LOCALIZADA EN LA PARROQUIA DE SAN  
GERARDO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO QUÍMICO**

**AUTOR: MARCELO ALEJANDRO CHÁVEZ OROZCO**

**TUTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS**

Riobamba – Ecuador

2018

**©2018, Marcelo Alejandro Chávez Orozco**

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 de Trabajo de Titulación certifica que: el trabajo de titulación “**DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH PARA LA ELABORACIÓN DE YOGURT EN LA QUESERA DOÑA ISABELITA LOCALIZADA EN LA PARROQUIA DE SAN GERARDO, CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**” de responsabilidad del señor Marcelo Alejandro Chávez Orozco, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

**Firma**

**Fecha**

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas. ....  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Ing. Mario Gustavo Villacrés Álvarez. ....  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

“Yo, Marcelo Alejandro Chávez Orozco declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación, y el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Marcelo Alejandro Chávez Orozco

060412917-1

## **DEDICATORIA**

Un sincero agradecimiento a Dios que ha sabido encaminarme, guiarme y ayudarme junto a la santísima virgen María, en cada momento durante toda mi vida. y en especial en la académica.

A mi familia y en especial a mi mamá que me ha dado la educación desde el hogar; a mis hermanos que siempre han estado a mi lado apoyándome.

A mi esposa por su apoyo incondicional, por su amor y ayuda constante que han permitido llegar a esta meta académica.

Marcelo Alejandro Chávez Orozco.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a la Santísima Virgen, por brindarme vida y sabiduría al momento de elegir mi carrera y nunca abandonarme en el transcurso de la misma.

A mis padres quienes me han formado como persona, inculcándome valores y responsabilidades, mi mamá Rosita Orozco el ser más sublime que me dio la vida y gracias a su infinito amor estoy llegando a culminar una meta propuesta.

A mis hermanos Esteban, Erika, Duval por su amor y confianza incondicional durante toda mi vida. A mi sobrina Angélica de las Mercedes que ilumina mis días con su amor y cariño.

A mis tíos, abuelitos y primos por estar al pendiente de cada paso que doy y por brindarme su apoyo durante mi carrera universitaria.

Al Ing. Marco Chuiza por su profesionalismo y su calidad humana, por su asesoramiento durante la realización de mi proyecto de titulación, al Ing. Mario Villacrés por su colaboración y entrega en la culminación de mi proyecto.

A la empresa quesera “Doña Isabelita” por abrirme sus puertas y al Sr. William por brindarme su apoyo y facilitarme la información necesaria para la culminación de este proyecto.

Marcelo.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b><i>Q:</i></b>	Flujo de Calor
<b><i>U:</i></b>	Coefficiente Global de Transferencia de Calor
<b><i>A:</i></b>	Área de Transferencia de Calor
<b><math>\Delta T</math> :</b>	Gradiente de Temperatura
<b><i>N<sub>RE</sub>:</i></b>	Número de Reynolds
<b><i>N<sub>Pr</sub> :</i></b>	Número de Prandt
<b><math>\mu</math>:</b>	Viscosidad
<b><math>\rho</math>:</b>	Densidad
<b><i>C<sub>p</sub>:</i></b>	Capacidad Calorífica
<b><i>N:</i></b>	Velocidad Rotacional
<b><i>N<sub>p</sub>:</i></b>	Número de Potencia
<b><i>P:</i></b>	Potencia
<b><i>A<sub>p</sub>:</i></b>	Alto de la Paleta
<b><i>L<sub>b</sub>:</i></b>	Longitud del Brazo del Agitador
<b><i>E<sub>r</sub>:</i></b>	Espesor del Rodete
<b><i>D<sub>R</sub>:</i></b>	Diámetro del Rodete
<b><i>E:</i></b>	Distancia del Fondo del Tanque al Rodete
<b><i>K:</i></b>	Constante de la Conductividad Térmica
<b><i>MLDT:</i></b>	Media Logarítmica de Temperatura

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....xvii

SUMMARY.....xviii

### CAPÍTULO I

<b>1.</b>	<b>DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	1
<b>1.1.</b>	<b>Identificación del Problema</b> .....	1
<b>1.2.</b>	<b>Justificación del Proyecto</b> .....	1
<b>1.3.</b>	<b>Línea Base del Proyecto</b> .....	2
<b>1.3.1.</b>	<i>Antecedentes de la Empresa</i> .....	2
<i>1.3.1.1.</i>	<i>Estudio de nuevos producto</i> .....	2
<b>1.3.2.</b>	<b>Marco Conceptual</b> .....	3
<i>1.3.2.1.</i>	<i>Yogurt</i> .....	3
<i>1.3.2.2.</i>	<i>Aditivos</i> .....	3
<i>1.3.2.3.</i>	<i>Antioxidantes:</i> .....	4
<i>1.3.2.4.</i>	<i>Estabilizantes:</i> .....	4
<i>1.3.2.</i>	<i>Preservantes:</i> .....	6
<i>1.3.2.6.</i>	<i>Mezcla, Agitación, flujo axial y radial</i> .....	7
<i>1.3.2.7.</i>	<i>Tuberías, válvulas y accesorios:</i> .....	16
<i>1.3.2.8.</i>	<i>Aplicación de la agitación en el sistema de fermentación:</i> .....	20
<i>1.3.2.9.</i>	<i>Las bacterias ácido lácticas (BAL):</i> .....	20
<i>1.3.2.10.</i>	<i>Tipos de fermentos comerciales para la obtención de yogurt</i> .....	21
<i>1.3.2.11.</i>	<i>Parámetros de diseño:</i> .....	23
<i>1.3.2.12.</i>	<i>Semejanzas geométricas:</i> .....	24
<i>1.3.2.13.</i>	<i>Sistema de Agitación tipo hélice:</i> .....	25
<i>1.3.2.14.</i>	<i>Sistema de Agitación tipo paletas inclinadas</i> .....	25
<i>1.3.2.15.</i>	<i>Sistema de Agitación tipo turbina</i> .....	26
<b>1.4.</b>	<b>Beneficiarios Directos e Indirectos</b> .....	27



1.4.1.	<i>Directos</i> .....	27
1.4.2.	<i>Indirectos</i> .....	27

## CAPÍTULO II

2.	<b>OBJETIVOS DEL PROYECTO</b> .....	28
2.1.	<b>General</b> .....	28
2.2.	<b>Específicos</b> .....	28

## CAPÍTULO III

3.	<b>ESTUDIO TECNICO</b> .....	29
3.1.	<b>Localización del proyecto</b> .....	29
3.1.1.	<i>Área de estudio:</i> .....	30
3.2.	<b>Ingeniería del Proyecto</b> .....	30
3.2.1.	<i>Tipo de estudio:</i> .....	30
3.2.2.	<i>Metodología:</i> .....	31
3.2.2.1.	<i>Método Deductivo:</i> .....	31
3.2.2.2.	<i>Método Inductivo:</i> .....	31
3.2.2.3.	<i>Método experimental:</i> .....	31
3.2.3.	<i>Ensayos a nivel de laboratorio:</i> .....	33
3.2.4.	<i>Validación técnica:</i> .....	41
3.2.5.	<i>Análisis Sensoriales (Encuesta)</i> .....	42
3.2.6.	<i>Tabulación de resultados del análisis sensorial.</i> .....	43
3.2.7.	<i>Formulación obtenida del yogurt.</i> .....	47
3.2.8.	<i>Caracterización del producto elaborado de acuerdo a norma NTE INEN 23:95 para leches fermentadas.</i> .....	49
3.2.9.	<i>Cálculos de ingeniería.</i> .....	49
3.2.9.1	<i>Dimensionamiento del reactor.</i> .....	49
3.2.10.	<i>Balance de Masa y Energía:</i> .....	59

3.2.10.1	<i>Balance de Masa:</i> .....	59
3.2.10.2	<i>Balance de energía</i> .....	61
<b>3.3.</b>	<b>Proceso de Producción</b> .....	66
3.3.1.	<i>Materia prima, Insumos y Aditivos</i> .....	66
3.3.2.	<i>Procedimiento para elegir el fermento adecuado para nuestro proyecto</i> .....	67
3.3.3.	<i>Operaciones Unitarias para la obtención de yogurt</i> .....	67
3.3.4.	<i>Diagrama del Proceso:</i> .....	68
3.3.5.	<i>Descripción del proceso de elaboración de Yogurt</i> .....	69
3.3.6.	<i>Distribución y diseño de la Planta</i> .....	71
<b>3.4.</b>	<b>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</b> .....	72
<b>3.5.</b>	<b>Análisis de costo / beneficio del proyecto</b> .....	73
<b>3.6.</b>	<b>Cronograma de ejecución del proyecto</b> .....	79
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	80
	CONCLUSIONES: .....	82
	RECOMENDACIONES: .....	83
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Aditivos alimentarios – antioxidantes .....	4
<b>Tabla 2-1:</b>	Aditivos hidrocoloides - gomas y estabilizantes. ....	4
<b>Tabla 3-1:</b>	Aditivos alimentarios – preservantes .....	7
<b>Tabla 4-1:</b>	Características principales del impulsor de hélice.....	10
<b>Tabla 5-1:</b>	Características principales del impulsor de hélice.....	12
<b>Tabla 6-1:</b>	Características principales del impulsor de paletas inclinadas. ....	13
<b>Tabla 7-1:</b>	Dimensiones de las placas deflectoras (en mm). ....	15
<b>Tabla 8-1:</b>	Características principales del agitador de turbina tipo hojas planas y disco.....	16
<b>Tabla 9-1:</b>	Inoculación recomendada .....	22
<b>Tabla 10-1:</b>	Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice. ....	25
<b>Tabla 11-1:</b>	Semejanzas geométricas impulsor paletas inclinadas.....	25
<b>Tabla 12-1:</b>	Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina. ....	26
<b>Tabla 1-3:</b>	Requisitos de la leche cruda- caracterización.....	32
<b>Tabla 2-3:</b>	Materia prima .....	66
<b>Tabla 3-3:</b>	Datos obtenidos en el laboratorio para formulación de yogurt. ....	67
<b>Tabla 4-3:</b>	Tabla de asignación de fermentos. ....	42
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis del yogurt. ....	49
<b>Tabla 6-3:</b>	Análisis del yogurt - microorganismos. ....	49
<b>Tabla 7-3:</b>	Mano de obra directa .....	73
<b>Tabla 8-3:</b>	Recursos materiales .....	73
<b>Tabla 9-3:</b>	Materia prima e insumos.....	74
<b>Tabla 10-3:</b>	Costos adicionales – envases .....	74
<b>Tabla 11-3:</b>	Relación de equipos y materiales .....	75
<b>Tabla 12-3:</b>	Costos directos de producción.....	75
<b>Tabla 13-3:</b>	Costos indirectos – depreciación.....	76
<b>Tabla 14-3:</b>	Costos adicionales .....	76
<b>Tabla 15-3:</b>	Costos totales indirectos.....	76
<b>Tabla 16-3:</b>	Costos totales de producción.....	77
<b>Tabla 17-3:</b>	Tabla de contingencia por códigos de yogurt.....	44
<b>Tabla 18-3:</b>	Prueba chi-cuadrado – consistencia .....	45
<b>Tabla 19-3:</b>	Tabla de contingencia – consistencia .....	45
<b>Tabla 20-3:</b>	Prueba chi-cuadrado – sabor .....	46
<b>Tabla 21-3:</b>	Contingencia - sabor .....	46
<b>Tabla 22-3:</b>	Datos obtenidos en el laboratorio para formulación de yogurt. ....	47
<b>Tabla 23-3:</b>	Características del vapor del caldero de la quesera doña isabelita.....	48

<b>Tabla 24-3:</b> Conductividad del acero inoxidable.....	48
<b>Tabla 25-3:</b> Datos experimentales .....	48
<b>Tabla 26-3:</b> Tipo de agitador de acuerdo a su viscosidad .....	53
<b>Tabla 27-3:</b> Semejanzas geométricas impulsor tipo palas planas .....	54
<b>Tabla 28-3:</b> Dimensiones de las placas deflectoras (en mm). .....	56
<b>Tabla 29-3:</b> Balance global de masa y energía .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Principales causas de alteración de los alimentos .....	6
<b>Figura 3-1:</b> Patrones de flujo en tanques agitados .....	9
<b>Figura 4-1:</b> Agitador tipo hélice de 3 aspas.....	10
<b>Figura 5-1:</b> Agitador de paletas.....	11
<b>Figura 6-1:</b> Agitador de paletas.....	11
<b>Figura 7-1:</b> Agitadores de turbina.....	12
<b>Figura 8-1:</b> Impulsor tipo turbina con hojas inclinadas.....	13
<b>Figura 9-1:</b> Agitador tipo hojas curvas.....	13
<b>Figura 10-1:</b> Disposición de los deflectores en el tanque de mezcla.....	14
<b>Figura 11-1:</b> Placas deflectoras distribuidas en el tanque.....	14
<b>Figura 12-1:</b> Microorganismos suspendidos a través de la agitación.....	20
<b>Figura 13-1:</b> Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice.....	25
<b>Figura 14-1:</b> Semejanzas geométricas impulsor tipo paletas inclinadas.....	25
<b>Figura 15-1:</b> Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina.....	26
<b>Figura 1-2:</b> Ubicación geográfica del cantón guano.....	29
<b>Figura 2-2:</b> Ubicación geográfica de la quesera doña isabelita .....	30
<b>Figura 3-3:</b> Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt.....	69
<b>Figura 4-3:</b> Tipo de flujo: a) flujo axial y b) flujo radial.....	52
<b>Figura 5-3:</b> Direcciones de las velocidades que actúan sobre el rodete.....	52
<b>Figura 6-3:</b> Agitador tipo paletas planas .....	54

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1-3:</b> Preparación de la muestra. ....	34
<b>Fotografía 2-3:</b> Medición de temperatura de leche pasteurizada. ....	34
<b>Fotografía 3-3:</b> Adición de componentes. ....	35
<b>Fotografía 4-3:</b> Programación de la incubadora. ....	35
<b>Fotografía 5-3:</b> Medición de ph. ....	36
<b>Fotografía 6-3:</b> Sinéresis. ....	36
<b>Fotografía 7-3:</b> Medición de ph. ....	37
<b>Fotografía 8-3:</b> Medición de ph. ....	38
<b>Fotografía 3-9:</b> Medición de ph. ....	38
<b>Fotografía 10-3:</b> Medición de ph. ....	39
<b>Fotografía 11-3:</b> Yogurt. ....	40
<b>Fotografía 12-3:</b> Agitación a 90 rpm. ....	41

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1</b>	Curva De Acidificación.....	22
<b>Gráfico 1-3</b>	Resultados Prueba Chi Cuadrado De Pearson .....	44
<b>Gráfico 2-3</b>	Resultados Prueba Chi-Cuadrado Consistencia.....	45
<b>Gráfico 3-3</b>	Resultados Prueba Chi-Cuadrado Sabor.....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Vista del reactor batch.
- Anexo B:** Vista del reactor tipo batch y agitador
- Anexo C:** Propiedades de agua saturada (líquido- vapor). tabla de temperaturas
- Anexo D:** Dimensiones de tuberías de acero inoxidable
- Anexo E:** Correlaciones de potencia para diferentes tipos de Impulsores
- Anexo F:** Fotos de pruebas afectivas
- Anexo G:** Prueba de aceptación (encuesta)
- Anexo H:** Resultados de análisis nutricionales - leche
- Anexo I:** Análisis del yogurt.
- Anexo J:** Proforma del valor del equipo



## RESUMEN

Se diseñó un reactor tipo batch para la empresa quesera doña Isabelita localizada en San Gerardo perteneciente al cantón Guano, para la elaboración de yogurt. Se inició con una simulación de laboratorio partiendo de 2 L de leche y tres fermentos de diferentes marcas que influyen directamente en la consistencia y sabor del yogurt. Posteriormente para elegir la mejor formulación se realizó una encuesta por métodos afectivos, siendo la formulación con mejor aceptación por parte de los consumidores la realizada con el cultivo YOMIX de viscosidad de 71, 52 mPa.s, densidad 1,0441 g/mL. Finalmente se determinó las siguientes variables de diseño; la temperatura de fermentación de 43 °C durante 6 h hasta alcanzar un pH de 4. Para el diseño se partirá de 1000 L de leche a procesar, un diámetro interno de 1,2 m., diámetro externo de 1,34 m., altura del tanque 1 m., tendrá una chaqueta de 0,07 m., dos acoples superiores de entrada de vapor y agua fría respectivamente, una válvula de salida de yogurt de 1,5 plg. Para el sistema de agitación: longitud del brazo agitador 0,75 m., diámetro del rodete 0,9 m., alto de la paleta 0,07 m., distancia entre paletas 0,06 m. y una potencia de motor eléctrico de 0,25 HP. El equipo debe ser construido en acero inoxidable AISI 304 con un costo de \$4300. Se tomó en consideración para los ensayos que la materia prima cumpla con la norma INEN 009 vigente para leche cruda, posteriormente se finalizó con la simulación ya que se obtuvo un yogurt que cumple con los parámetros de la norma NTE INEN 23:95. Debemos tener en cuenta la activación de una manera eficaz del cultivo con una pequeña cantidad de leche ya pasteurizada a una temperatura de 43 °C para optimizar la producción de ácido láctico.

**Palabras claves:** <INGENIERIA Y TECNOLOGIA QUIMICA>, <REACTOR TIPO BATCH>  
<BACTERIAS ACIDO-LACTICAS> <YOGURT> <FERMENTACION>  
<DIMENSIONAMIENTO>

## SUMMARY

A batch reactor was designed for the cheese company “Doña Isabelita” located in San Gerardo town, Canton Chambo, province of Chimborazo, for the elaboration of yogurt. It started with a laboratory simulation starting with 2L of milk and three ferments of different patents that directly influence the consistency and taste of yogurt. Later to choose the best formulation, a survey was carried out by effective methods, being the formulation with the best acceptance by consumers the one made with the YOMIX culture of viscosity of 71,52 mPa.s, density 1,0441 g / mL. Finally, the following design variables were determined: the fermentation temperature of 43°C during 6h., until reaching a pH of 4. For the design will start from 1000L of milk to process, an internal diameter of 1,2m, external diameter of 1,34m, tank height 1m, a jacket of 0,07m., two upper couplings of input steam and cold water respectively, and a 1,5 plg., yogurt outlet valve. For the agitation system: agitator arm length 0,75m, impeller diameter 0.9, pallet height 0,07m, pallet distance 0,06m and electric motor power 0,25 HP . The equipment must be constructed in stainless steel AISI 304 at a cost of \$ 4300. It was taken into consideration for the tests that the raw material complies with the INEN 009 standards in force for raw milk. It ended with the simulation because a yogurt was obtained that meets the parameters of the norm INEN 23:95. The activation must be taken into account in an efficient way in the culture with a small amount of milk already pasteurized at a temperature of 43°C to optimize the production of lactic acid.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <REACTOR TYPE BATCH>, <LACTIC ACID BACTERIA>, <YOGURT>, <FERMENTATION>, <DIMENSIONING>

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1. Identificación del Problema

En la Quesera Doña Isabelita se receipta leche del lugar y de zonas aledañas, así provee de su producto lácteo al país siendo la costa ecuatoriana el mayor consumidor, la cantidad de leche captada como materia prima, abastece en tal cantidad que puede ampliar y diversificar sus productos empezando con el derivado más comercial conocido como yogurt, que tiene gran demanda en el mercado.

Como manifestó el Sr. Walter Asitimbay (2017), representante legal de la empresa, la carencia de un reactor adecuado para la producción de yogurt, la necesidad de diversificar sus productos derivados de leche y el notable crecimiento de la demanda de yogurt en el mercado son problemas puntuales para su pequeña industria y cuya solución debe ser parte de una innovación tecnológica, considerando costos de producción, transformación y comercialización.

Dentro del mercado, los equipos que pueda haber en existencia no están diseñados para los requerimientos de una determinada empresa, así como la cantidad de materia prima con la que dispone la planta, además de otros requerimientos que deberán ser modificados y adecuados a las instalaciones ya existentes, así como su tamaño, las entradas y salidas de tuberías entre otras cosas, que no se aprecian, hasta que el equipo debe ser instalado (Chopey, y otros, 1986 pág. 22).

El equipo debe ser diseñado tomando en cuenta el área disponible en la planta de producción; además, el reactor debe permitir que el producto terminado cumpla con la norma **NTE INEN 2395:2011** para leches fermentadas.

#### 1.2. Justificación del Proyecto

Por la necesidad de mejorar los productos en las industrias alimenticias, estas necesitan métodos y procesos adecuados para mejorar los productos indicados, los mismos que deben realizarse debido a la tecnología, la demanda y otros aspectos importantes (Alais, 2003).

Debido a que la quesera Doña Isabelita requiere incursionar en la elaboración de yogurt siendo la mayor problemática a solucionar, surge la necesidad de contar con un equipo adecuado para tal fin, para lo cual es necesario el diseño de un reactor para la elaboración de este derivado, y localizarlo en la planta optimizando el espacio de la empresa.

Con los conocimientos obtenidos en la cátedra de operaciones unitarias, reacciones de ingeniería, microbiología y química de alimentos se puede realizar el diseño del reactor tipo batch, teniendo en cuenta ciertos factores como: el tamaño, el modo de operación, caracterización de las materias primas y los accesorios.

Al culminar el trabajo se espera incrementar las ganancias de los agremiados a la empresa, que el yogurt sea de calidad, satisfaciendo así la demanda de la población y que la empresa vaya mejorando día con día.

### **1.3. Línea Base del Proyecto**

#### **1.3.1. *Antecedentes de la Empresa***

La Quesera “Doña Isabelita” es una microempresa que lleva aproximadamente 5 años y 6 meses inmersa en el sector alimenticio; su única actividad es la producción y comercialización de queso fresco entero; se encuentra ubicada entre las calles 15 de enero y Mariano Flor en la parroquia de San Gerardo en el cantón Guano; provincia de Chimborazo.

La comercialización de dicho producto se lo realiza no solo a nivel zonal, sino a nivel nacional convirtiéndose en un factor importante y dinámico de la economía del país, a la vez que oferta un producto de calidad.

##### **1.3.1.1. *Estudio de nuevos productos:***

Actualmente la Quesera “Doña Isabelita” cuenta con la infraestructura y maquinaria para la producción de queso fresco entero, sin embargo los derivados lácteos son numerosos, lo que impulsa y exige a la microempresa a diversificar sus productos, abarcando de mayor manera el mercado nacional, considerando como idea principal al yogurt, puesto que este es un derivado reconocido, solicitado y demandado en el mercado de una manera superior a otros derivados lácteos (del Castillo Shelly, y otros, 1998).

Para emprender con este nuevo derivado de la leche la microempresa requiere del diseño de un reactor para yogurt con especificaciones técnicas, económicas y de proceso, para de una manera segura y confiada comenzar con este proyecto.

### 1.3.2. *Marco Conceptual*

#### 1.3.2.1. *Yogurt.*

Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivaris* subsp. *thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas 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 (NTE INEN 2395, 2011 p. 2).

El yogurt, debe presentar aspecto homogéneo; el sabor y olor deben ser característicos del producto fresco, sin materias extrañas, de color blanco cremoso u otro propio, resultante del color de la fruta o colorante natural añadido, de consistencia pastosa característica; textura lisa y uniforme, libres de hongos y levaduras. Elaborado con cualquiera de las tres clases de leches (entera, semidescremada o descremada), debe provenir de leches debidamente pasteurizadas o esterilizadas, en condiciones sanitarias que permitan al mínimo su contaminación con microorganismos (NTE INEN 2395, 2011).

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

Debe usarse como único conservante, ácido sórbico o sus sales, en cantidad no superior a 100 mg/kg (NTE INEN 2395, 2011).

#### 1.3.2.2. *Aditivos*

Podrá agregarse al yogurt, yogurt con frutas y yogurt de sabores, durante su proceso de fabricación: gelificantes, siempre que la calidad total, no sea superior a 0,5%, alginatos de amonio, potasio, sodio, calcio, agar, carragenina, goma karaya, goma garrofín, goma de espina corona, pectina, goma arábiga, gelatina en cantidades teóricamente adecuadas (NTE INEN 2395, 2011).

### 1.3.2.3. Antioxidantes:

Los antioxidantes son considerados también como conservantes, gran cantidad de sustancias en presencia del aire tienden a sufrir la oxidación, debido a esa reacción los alimentos pierden sus propiedades nutricionales y organolépticas como el color, sabor, aroma, etc.; además de vitaminas. Estos aditivos son de uso común en los productos y son considerados como inocuos y no afectan a la salud (Gerones, y otros, 2007 p. 12).

**Tabla 1-1:** Aditivos Alimentarios – Antioxidantes

<b>Aditivo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso</b>	<b>Peligro</b>
<b>Ácido Ascórbico E300</b>	Aditivo natural o sintético utilizado como antioxidante.	Bebidas, galletas, zumos, jugos, conservas enlatadas, en panadería, cereales, embutidos, entre otros.	INOFENSIVO

Fuente: (Gerones, y otros, 2007 pág. 12)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. 2018

### 1.3.2.4. Estabilizantes:

Su función es dar una textura firme sin generación de sinéresis, grumos o precipitación de compuestos sólidos en el producto (Elmadfa, y otros, 2008 p. 23).

**Tabla 2-1:** Aditivos hidrocoloides - gomas y estabilizantes.

<b>Nombre</b>	<b>Tipo</b>	<b>Origen</b>	<b>Propiedades</b>
Gelatina	Proteína	Piel y Huesos de vacas y cerdo	Gelante
Proteína de leche	Proteína	Leche de vaca	Emulsificante, Espesante
Carragenina	Polisacárido	Algas rojas	Gelante, estabilizante
Agar	Polisacárido	Algas rojas	Gelante, estabilizante
Alginato	Polímero de ácidos orgánicos	Algas cafés	Gelante, estabilizante
Goma de algarrobo	Polisacárido	Árbol de algarrobo	Espesante
Goma Guar	Polisacárido	Planta de la Goma Guar	Espesante
Pectina	Polímero de ácidos orgánicos	Frutos cítricos y manzanas	Gelante, estabilizante

Goma Gelana	Polisacárido	Metabolito	Gelante, estabilizante
Almidón	Polisacárido	Maíz, Tapioca, otras plantas	Espesante, estabilizante

Fuente (Elmadfa, y otros, 2008 p. 23).

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. 2018

A continuación, una breve descripción de algunos de los estabilizantes más comúnmente usados en la industria láctea:

- **La goma Guar y de algarrobo.** - provienen de semillas de árboles y funcionan en una muy amplia gama de aplicaciones, sin embargo, el pH es un limitante para estas gomas, ya que a pH menores a 5 su funcionalidad disminuye notoriamente (Elmadfa, y otros, 2008 pág. 24).
- **La Carragenina.** - proviene de algas marinas, y por lo general la carragenina kappa forma geles firmes. La carragenina Iota forma geles más elásticos similares a los de gelatina. La carragenina lambda no forma geles y da características más cremosas. De acuerdo al tipo de carragenina pueden ser usadas en una amplia gama de aplicaciones, leches fluidas, leches saborizadas y/o chocolatadas, postres, cremas, etc. (Elmadfa, y otros, 2008 pág. 25).
- **Los alginatos.** - también son de origen marino y son muy reactivos con el calcio, capaces de formar geles en frio permiten procesar productos con bajas viscosidades (Elmadfa, y otros, 2008 p. 26).
- **La Goma Xantana.** - es el resultado de una fermentación microbiológica y es capaz de generar viscosidad de forma muy rápida por lo que imparte muy buenas propiedades en cremas, postres y bases para helados (Elmadfa, y otros, 2008).
- **Las Celulosas.** - son sintetizadas de forma química y son espesantes solubles en frio, excelentes para ser usadas en helado, bebidas lácteas e incluso en productos ácidos (Elmadfa, y otros, 2008).
- **La Pectina.** - proveniente de frutos cítricos y manzana funciona muy bien a pH ácido; esto permite utilizar pectinas en productos como yogurt, bebidas de yogurt o bebidas ácidas, ya que la pectina negativamente cargada se adsorbe en la superficie de las partículas de caseína positivamente cargadas, protegiendo de esta forma la proteína y manteniendo la estabilidad de la bebida (Elmadfa, y otros, 2008).

- **Los almidones.** - provenientes de cereales y tubérculos, son excelentes espesantes y retenedores de humedad, lo que los hace muy versátiles para ser usados en productos lácteos. Las propiedades de los almidones pueden variar de acuerdo a su contenido de amilosa y amilopectina, por lo que es muy importante usar el almidón adecuado para cada aplicación (Elmadfa, y otros, 2008).

### 1.3.2.5. *Preservantes:*

Son sustancias puras o encontradas en mezclas que pueden detener, inhibir o retardar alteraciones biológicas en alimentos como son: enmohecimiento, fermentación, putrefacción y otras, estas son algunas de las capacidades de los preservantes o conservantes. Dependiendo su uso, se clasifican en: para tratamiento externo de alimentos y para incorporación directa a bebidas y productos. Su uso es muy antiguo. Y, no obstante, no son imperecederos, sólo se mantienen inalterados por un limitado tiempo, dado que el crecimiento de microorganismos se retarda, más no queda inhibido totalmente (Elmadfa, y otros, 2008).

La concentración y tipo de sustancia determinarán el grado de inhibición final. Los conservantes o preservantes, en ciertos casos son considerados fundamentales y rara vez son sustituidos como los nitritos y nitratos. En esos casos, se limita su concentración y se regula su uso (Elmadfa, y otros, 2008).

Agentes Físicos	Mecánicas	
	Temperatura	
	Humedad	
	Aire	
	Luz	
	Etc.	
Agentes Químicos	Pardeamiento	
	Enranciamiento	
	Etc.	
Agentes biológicos	Enzimáticos	
	Parásitos	
	Microorganismos	Bacterias
		Hongos
		Levaduras

**Figura 1-1:** Principales causas de alteración de los alimentos  
**Fuente:** (Elmadfa, y otros, 2008)



**Tabla 3-1:** Aditivos alimentarios – preservantes

Aditivo	Descripción	Uso	Peligro
<b>Sorbato de Potasio E202</b>	Aditivo alimentario utilizado como conservante natural o sintético, para prevenir hongos y levaduras.	Panadería, pastelería, quesos, mayonesa, salsas, refrescos, mantequilla, dulces, bebidas energéticas, aderezos de ensalada, embutidos, entre otros.	INOFENSIVO
<b>Benzoato de Sodio E211</b>	Aditivo conservante sintético utilizado para prevenir bacterias, levaduras y cierto tipo de hongos.	Sodas, gaseosas, jugos vinos, bebidas energizantes, cerveza sin alcohol, gelatina, frutas en almíbar, pastelería, conservas, ketchup, entre otros.	EVITAR

Fuente: (Elmadfa, y otros, 2008)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. 2018

#### 1.3.2.6. Mezcla, Agitación, flujo axial y radial:

- **Tanque de mezcla:** Los tanques de mezcla surgen de la necesidad de forzar a un fluido por medios mecánicos para que se mezclen con otras sustancias, por ejemplo: para disolver sólidos en líquidos, para dispersar sólidos finos en líquidos o dispersar dos líquidos no miscibles. Comúnmente, para estas funciones se diseñan tanques cilíndricos con fondos redondeados para prevenir que los elementos de las esquinas del recipiente se queden sin mezclarse (McCabe, y otros, 2003).
- **Mezcla y agitación:** Mezclar no es lo mismo que agitar. Agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento generalmente circulatorio en el interior de un recipiente. Mezcla es la distribución al azar, de dos fases inicialmente separadas. Eso implica partir de dos fases individuales, y lograr que ambas fases se distribuyan al azar entre sí (McCabe, y otros, 2003).

Los objetivos de la agitación pueden ser: mezcla de dos líquidos miscibles (ej.: alcohol y agua), disolución de sólidos en líquido (ej.: azúcar y agua), mejorar la transferencia de calor (en calentamiento o enfriamiento), dispersión de un gas en un líquido (oxígeno en caldo de fermentación), dispersión de partículas finas en un líquido, dispersión de dos fases no miscibles (grasa en la leche) (McCabe, y otros, 2003).

- **Agitadores de flujo axial:** Estos permiten un flujo que se desprende de las palas del impulsor aproximadamente a  $45^\circ$  y por lo tanto presenta recirculación, luego retorna hasta la zona central de las palas, creando un campo de flujo de ida y vuelta paralelo aleje de giro (McCabe, y otros, 2007).

Este tipo de flujo se presenta con un Reynolds de entre 200 a 600, y se transforma en flujo radial cuando el número de Reynolds disminuye. Los agitadores de flujo axial incluyen a todos los que tienen palas que forman un ángulo menor de  $90^\circ$  con el plano perpendicular al eje. Las hélices y turbinas de palas o aspas inclinadas son las más representativas de este tipo de agitadores (McCabe, y otros, 2003).

Existen dos rangos básicos de velocidades de giro: de 1150 a 1750 rpm con transmisión directa, y de 350 a 420 rpm con transmisión por engranajes. Para la suspensión de sólidos es habitual utilizar las unidades de transmisión por engranajes, mientras que para reacciones o dispersiones rápidas son más apropiadas las unidades de alta velocidad (McCabe, y otros, 2003).

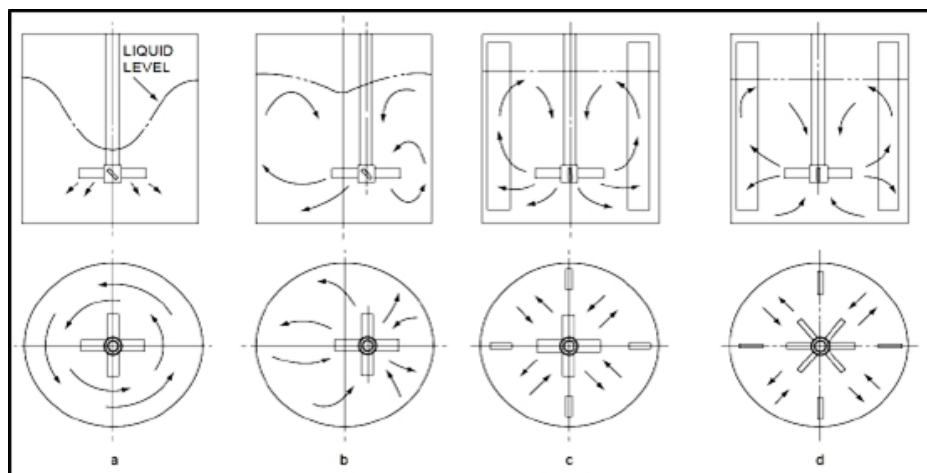
- **Agitadores de flujo radial:** Los más representativos son los agitadores de palas planas. Éste tipo de agitadores incluyen palas (o aspas) paralelas al eje del motor. Los más pequeños y de aspas múltiples se denominan “turbinas”; los mayores, de velocidades más bajas, con dos o cuatro aspas, se denominan agitadores de palas o de paletas. Generan un flujo radial para cualquier Reynolds y proporcionan alta velocidad tangencial, aunque baja capacidad de impulsión (McCabe, y otros, 2003).

En la mayoría de los procesos industriales de mezclado se busca que la capacidad de impulsión sea lo mayor posible, mientras que la velocidad tangencial no constituye un factor de importancia y por lo tanto se prefiere evitar. Por esto, este tipo de agitador no es de uso común, siendo los más utilizados los que principalmente maximizan el flujo y minimizan la velocidad tangencial. Estos agitadores de palas rígidas se clasifican según el valor del cociente entre el área total de las palas con respecto al del círculo que circunscribe al agitador; y, según aumenta la viscosidad del fluido, un mayor valor del cociente anteriormente definido resulta más efectivo para proporcionar un tipo de flujo predominantemente axial (McCabe, y otros, 2003).

- **Agitadores de paso cerrado:** En este tipo de agitadores se incluyen los de tipo de tipo ancla y helicoidal. Su principal característica es que trabajan muy cercanos a la pared del estanque y son particularmente eficaces para fluidos de alta viscosidad, en los que es necesario tener concentrada la capacidad de mezcla cerca de la pared, consiguiéndose un campo de flujo más efectivo que con los agitadores anteriormente mencionados (McCabe, y otros, 2007).

- **Agitadores mecánicos:** Los agitadores mecánicos consisten en un rodete montado en un eje y accionado por un motor eléctrico. Se dividen en dos clases: los que generan corrientes paralelas al eje del agitador y los que dan origen a corrientes en dirección tangencial o radial. Los primeros se llaman agitadores de flujo axial y los segundos agitadores de flujo radial. Los tres tipos principales de agitadores son: de hélice, de paletas, y de turbina. La Figura 1.2 muestra los patrones de flujo que se generan en tanques agitados mediante: (a) Agitador concéntrico al tanque sin deflectores, se forma un vórtice en la superficie del fluido. (b) Una ubicación desfasada del eje reduce el vórtice. (c) Agitador axial con deflectores. (d) Agitador radial con deflectores. Los deflectores evitan la formación del vórtice (McCabe, y otros, 2003).

Los tres principales tipos de impulsores son de palas, turbinas y hélices. Si bien existen otros tipos, los mencionados solucionan entre un 95 y 100% de todos los problemas de agitación.



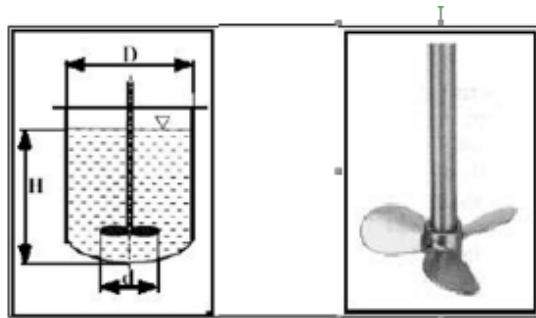
**Figura 2-1:** Patrones de flujo en tanques agitados:

Fuente: (McCabe, y otros, 2007).

- **Agitadores de hélice:** El flujo de un impulsor de hélice es axial, trabaja a altas velocidades y se utiliza para líquidos de baja viscosidad. Las hélices pequeñas pueden girar utilizando transmisión directa a una velocidad que varía entre 1150 y 1750 rpm; las hélices grandes pueden girar entre 400 y 800 rpm. Las corrientes de flujo que salen del impulsor continúan a través del líquido en una dirección determinada hasta que chocan con el fondo o las paredes del estanque (McCabe, y otros, 2003).

La columna de fluido axial que produce es altamente turbulenta, generando remolinos de líquido que abandonan el impulsor, arrastrando el líquido estancado.

Las placas de este impulsor cortan el líquido, debido a la persistencia de las corrientes de flujo, siendo muy eficaces en estanques de gran tamaño. Se utilizan para homogenizar, suspender fluidos y favorecer el intercambio de calor (McCabe, y otros, 2007).



**Figura 3-1:** Agitador tipo hélice de 3 aspas.

Fuente: (McCabe, y otros, 2003).

**Tabla 4-1:** Características principales del impulsor de hélice.

<b>Descripción</b>	Generalmente utilizan 3 alabes o paletas
<b>Campo de flujo generado</b>	Axial
<b>Régimen alcanzado</b>	Turbulento
<b>Velocidad tangencial</b>	3 – 15 m/s
<b>Viscosidad del medio</b>	< 8 Pa·s

Fuente: (McCabe, y otros, 2003) .

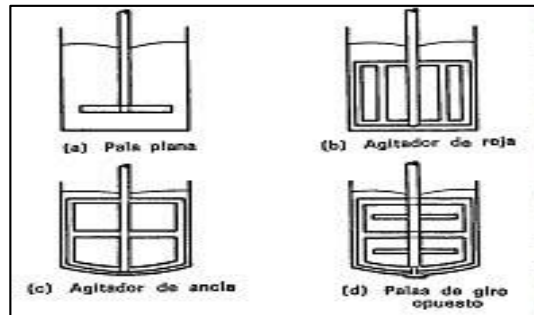
Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018

- **Agitadores de paletas o de pala:** Por lo general son agitadores de palas planas que giran sobre un eje vertical y cumplen eficazmente problemas sencillos de agitación. Son frecuentes los agitadores de dos y cuatro palas (McCabe, y otros, 2007).

A veces la pala tiene un cierto grado de inclinación, pero lo más frecuente es que su posición sea vertical. Las palas giran a bajas o moderadas velocidades en el centro del estanque, impulsando el líquido radial y tangencialmente, sin que haya prácticamente movimiento vertical a excepción de que las placas se encuentren inclinadas. Las corrientes que generan se desplazan hacia fuera hasta la pared del estanque y después hacia arriba o hacia abajo (McCabe, y otros, 2007).

En estanques de gran altura se instalan varias palas, unas sobre otras, en un mismo eje. Los agitadores de palas giran a velocidades comprendidas entre 20 y 150 rpm aproximadamente. La longitud total de un rodete de palas comprende entre el 50 y el 80 % del diámetro interior del estanque y la anchura de la pala es de 1/6 a 1/10 de su longitud (McCabe, y otros, 2007).

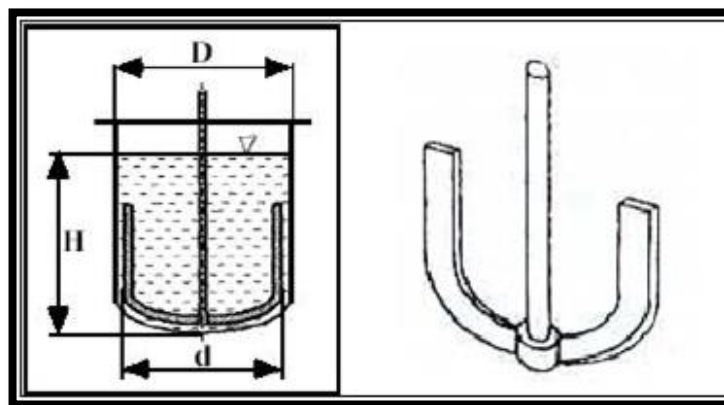
A velocidades muy bajas los agitadores de palas generan una agitación muy suave en estanques sin placas deflectoras. Para velocidades más elevadas, estas que son necesarias ya que de lo contrario el líquido se desplaza en bloque alrededor del estanque con alta velocidad, pero con poca mezcla (McCabe, y otros, 2007).



**Figura 4-1:** Agitador de paletas.

Fuente: (McCabe, y otros, 2003)

- **Agitadores de paletas tipo ancla:** Este tipo de impulsor se ajusta a los contornos interiores de las paredes del estanque, girando por esta superficie con una muy pequeña holgura. Cubren entre un 50 y 80% de este. Previenen la adhesión de materiales sólidos pegajosos sobre su superficie y originan una buena transferencia de calor con las paredes. Su capacidad de mezcla con respecto a otros sistemas no es óptima. En la mayoría de los casos trabajan en conjunto con un agitador de alta velocidad que generalmente gira en sentido contrario (McCabe, y otros, 2007).



**Figura 5-1** Agitador de paletas.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

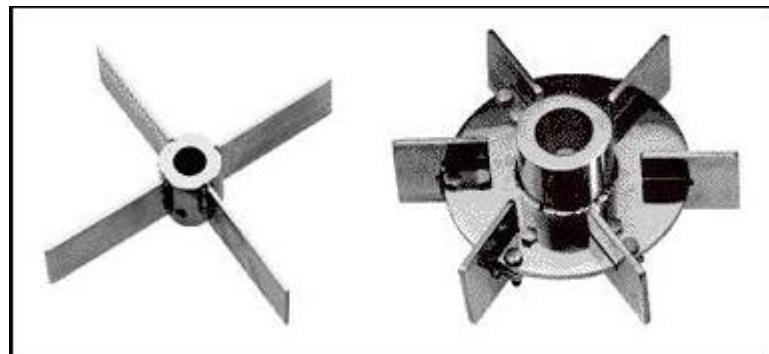
**Tabla 5-1:** Características principales del impulsor de hélice.

<b>Descripción</b>	-Dos brazos que llegan cerca de la pared -Forma adaptada al fondo y a las paredes del tanque.
<b>Campo de flujo generado</b>	Tangencial
<b>Régimen alcanzado</b>	Laminar
<b>Velocidad tangencial</b>	Hasta 2m/s
<b>Viscosidad del medio</b>	Hasta 1000 Pa.s
<b>Posición del rodete (<math>d_2/d_1</math>)</b>	0,9 – 0,98 (cerca de la pared)
<b>Aplicaciones</b>	Favorecer el intercambio de calor.  Disminuye la capa límite en la pared.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007).

Elaborado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

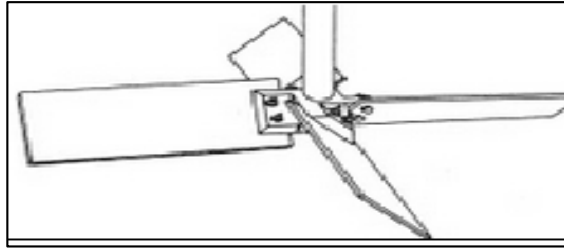
- **Agitadores de turbina:** El impulsor se compone generalmente de numerosas palas cortas, las que giran medias y altas velocidades sobre un eje montado centralmente en el estanque. Se consideran velocidades medias de 100 a 300 rpm y elevadas de 300 a 1000 rpm. Las placas pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales. El impulsor puede ser abierto, semi-cerrado o cerrado. El diámetro puede variar entre un 30 y un 50 % del diámetro del estanque. Los de turbina son eficaces para un amplio intervalo de viscosidades. En líquidos de baja viscosidad los impulsores de turbina generan fuertes corrientes que se distribuyen por todo el estanque, destruyendo bolsas de fluido estancado. Cerca del impulsor se produce una zona de corrientes rápidas, una elevada turbulencia y un intenso esfuerzo de corte. Las corrientes principales son radiales y tangenciales. Los componentes tangenciales inducen la formación de vórtices y remolinos, los que se evitan utilizando placas deflectoras o mediante un anillo difusor para lograr que la agitación sea más eficaz (McCabe, y otros, 2007).



**Figura 6-1:** Agitadores de turbina.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

- **Agitador tipo turbina de hojas inclinadas:** Este tipo de impulsor combina flujo radial con flujo axial, se utiliza especialmente para homogeneizar y mejorar la transferencia de calor con las paredes o serpentines dispuestos en el interior del estanque.



**Figura 7-1** Impulsor tipo turbina con hojas inclinadas.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007).

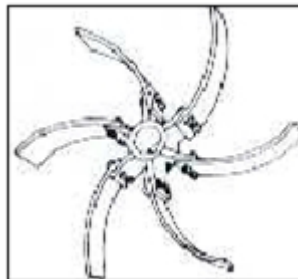
**Tabla 6-1:** Características principales del impulsor de paletas inclinadas.

<b>Descripción</b>	De 2 a 4 palas inclinadas hacia atrás en dirección del flujo.
<b>Campo de flujo generado</b>	Axial / Radial
<b>Régimen alcanzado</b>	De transición / Turbulento
<b>Velocidad tangencial</b>	3 – 8 m/s
<b>Viscosidad del medio</b>	Hasta 30 Pa·s

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

- **Agitador de turbina tipo hojas curvas:** son especialmente útiles para dispersar materiales fibrosos y poseen un torque inicial menor que las hojas rectas.



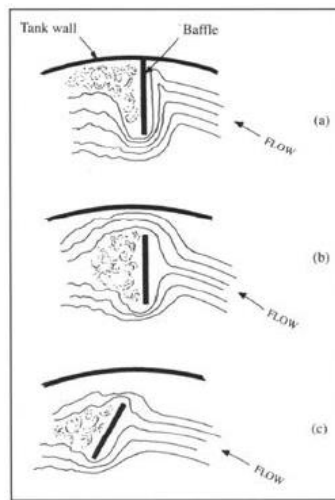
**Figura 8-1:** Agitador tipo hojas curvas.

Fuente: McCabe Warren.

- **Deflectores:** Las placas deflectoras son platinas planas verticales que se ubican radialmente al interior del estanque (Fig.9-1). Se logra con ellas una mayor turbulencia y una mejor mezcla del fluido. Generalmente se utilizan cuatro, salvo en estanques de gran tamaño. El ancho

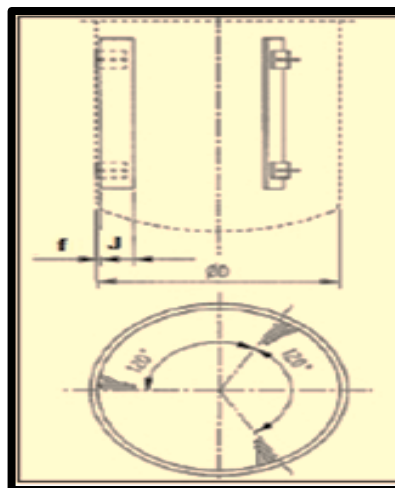
habitual para agitadores de turbina no deba ser mayor que 1/12 del diámetro del estanque. Para agitadores de hélice basta con 1/8 de diámetro (Ver Tabla 7-1) (McCabe, y otros, 2007).

Para números de Reynolds superiores a 2000, las placas deflectores se usan conjuntamente con agitadores tipo turbina o del tipo axial centrados al estanque. Los patrones de flujo generados en ambos casos son diferentes, pero tienen en común una importante circulación desde la parte superior al fondo, evitando la formación de vórtices. En la región de transición ( $10 < Re < 10000$ ) el ancho de la placa deflectora puede reducirse con frecuencia a la mitad de la estándar. Cuando existe flujo laminar ( $Re < 10$ ), el agitador consume la misma energía con o sin placas deflectoras, por lo que normalmente no son utilizadas. Cuando el impulsor entra al estanque lateralmente, está inclinado, o desplazado del centro, no son necesarias placas deflectoras (McCabe, y otros, 2007).



**Figura 9-1:** Disposición de los deflectores.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)



**Figura 10-1:** Placas deflectoras distribuidas en el tanque.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)



**Tabla 7-1:** Dimensiones de las placas deflectoras (en mm).

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>J</b>	<b>f</b>
100	8	2
200	16	4
300	24	6
400	32	8
500	40	10
600	48	12
800	64	16
1000	100	20
1200	110	24
1600	128	32
2000	160	40
2500	200	50
3000	240	60
4000	320	80
4500	360	90
5000	400	100
6000	480	120
7500	600	150
10000	800	200
12000	960	240

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

- **Agitador de turbina tipo hojas planas y disco:** Este tipo de impulsor produce corrientes radiales y axiales. El disco que posee produce un efecto estabilizante. Se encuentra también con hojas curvas y su diámetro cubre entre un 30 y un 50 % del diámetro del estanque.



**Figura 12-1:** Agitador de turbina tipo hojas planas y disco.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

**Tabla 8-1:** Características principales del agitador de turbina tipo hojas planas y disco.

<b>Descripción</b>	6 palas rectas
<b>Campo de flujo generado</b>	Radial
<b>Régimen alcanzado</b>	Turbulento
<b>Velocidad tangencial</b>	3 – 7 m/s
<b>Viscosidad del medio</b>	Hasta 10 Pa·s

Fuente: (McCabe, y otros, 2003)

Elaborado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

#### 1.3.2.7. *Tuberías, válvulas y accesorios:*

**Tuberías:** El sistema de tuberías permite el transporte de fluidos sean sólidos, líquidos o gaseosos. El tipo de material se selecciona de acuerdo a normas de estandarización y de acuerdo al tipo de materia prima que se va procesar. Pueden ser de diferentes materiales cumpliendo con normas estandarizadas como: metales y aleaciones, madera, vidrio, cerámica y plásticos. El tipo de material para la industria de alimentos es el acero inoxidable del tipo AISI 304. El control de las tuberías en el sector industrial se lo hace definiendo el color de acuerdo al significado y aplicación del fluido que transporta según lo establece la norma INEN 440 (Walas, 1990).

**Válvulas:** Una válvula es un dispositivo mecánico destinado a controlar, retener, regular o dar paso a un fluido. Básicamente la válvula es un ensamblaje compuesto de un cuerpo con conexión a una tubería, y de un obturador operado por un accionamiento, que impide el paso del fluido cuando está en posición de cierre en contacto con los sellos. Además de los elementos y sistemas de estanqueidad intrínsecos para cada tipo de válvula, éstas pueden llevar incorporadas una serie de accesorios como posicionadores, transductores, reguladores de presión, etc. que proporcionan información y facilitan también la automatización de la válvula (Walas, 1990).

**Accesorios:** Los accesorios son un conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que se unen a las tuberías o equipos del proceso para asegurar la correcta unión y distribución (Walas, 1990).

#### ➤ **Procesos de pasteurización:**

La pasteurización es un proceso térmico químico realizado a los alimentos: los procesos térmicos se pueden realizar con la intención de disminuir las poblaciones patógenas de microorganismos o para desactivar las enzimas que modifican los sabores de ciertos alimentos. No obstante, en la pasteurización se emplean generalmente temperaturas por debajo del punto de ebullición (en

cualquier tipo de alimento), ya que en la mayoría de los casos las temperaturas superiores a este valor afectan irreversiblemente ciertas características físicas y químicas del producto alimenticio. Así, por ejemplo, si en la leche se sobrepasa el punto de ebullición, las micelas de la caseína se «coagulan» irreversiblemente (o, dicho de otra forma, la leche se «cuaja»). El proceso de calentamiento de la pasteurización, si se hace a bajas temperaturas, tiene además la función de detener los procesos enzimáticos. Hoy en día, la pasteurización se realiza a los alimentos en un proceso industrial continuo aplicado a alimentos viscosos, con la intención de utilizar la energía de manera eficiente y disminuir así también costes de producción.

Existen tres tipos de procesos bien diferenciados: pasteurización **VAT** o lenta, pasteurización a altas temperaturas durante un breve período (**HTST**, **H**igh **T**emperature/**S**hort **T**ime) y proceso a altas temperaturas (**UHT**, **U**ltra-**H**igh **T**emperature). (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007)

➤ **Proceso VAT:**

Del inglés "Vat" = tina, tinaja, por hacerse en recipientes grandes. Llamada también pasteurización lenta. Fue el primer método de pasteurización, aunque la industria alimentaria lo ha ido renovando por otros sistemas más eficaces. El proceso consiste en calentar grandes cantidades de leche en un recipiente estando a 85 °C durante 30 minutos, para luego dejar enfriar lentamente. Debe pasar mucho tiempo para continuar con el proceso de envasado del producto, a veces más de 24 horas. (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007)

➤ **Proceso HTST**

Este método es el empleado en los líquidos a granel, como la leche, los zumos de fruta, la cerveza, etc. Por regla general, es el más práctico, ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve y además se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos. Entre las desventajas del proceso está la necesidad de contar con personal altamente calificado para la realización de este trabajo, que necesita controles estrictos durante todo el proceso de producción.

Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización **HTST**: en batch (lote) y en «flujo continuo». Para ambos métodos la temperatura es la misma (100 °C durante 15 segundos).

En el **proceso batch** una gran cantidad de leche se calienta en un recipiente estanco (autoclave industrial). Es un método empleado hoy en día sobre todo por los pequeños productores debido a que es un proceso más sencillo.

En el **proceso de «flujo continuo»**, el alimento se hace circular entre dos placas de metal, también denominadas intercambiador de calor de placas o de forma tubular (PHE). Este método es el más aplicado por la industria alimentaria a gran escala, ya que permite realizar la pasteurización de grandes cantidades de alimento en relativamente poco tiempo. (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007)

➤ **Proceso UHT**

El proceso **UHT** es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Debido a este muy breve periodo de exposición, se produce una mínima degradación del alimento. La leche cuando se etiqueta como «pasteurizada» generalmente se ha tratado con el proceso HTST, mientras que la leche etiquetada como «ultrapasteurizada» o simplemente UHT, se debe entender que ha sido tratada por el método UHT.

El reto tecnológico del siglo XXI es poder disminuir lo más posible el período de exposición a altas temperaturas de los alimentos, haciendo la transición de altas a bajas temperaturas lo más rápida posible, disminuyendo el impacto en la degradación de las propiedades organolépticas de los alimentos; por esta razón, se está investigando la tecnología basada en microondas, que permite este tipo de efectos (es empleado incluso en carnes). Este método es muy adecuado para los alimentos líquidos ligeramente ácidos (la acidez se mide con el pH), tal como los zumos de frutas y los zumos de verduras (como el gazpacho), ya que permite períodos de conservación de 10 a 45 días si se almacenan refrigerados a 10 °C (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007).

➤ **Termocupla:**

Una termocupla es simplemente dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura. Las termocuplas J y K son económicas, físicamente muy rígidas y cubren un amplio rango de temperaturas (-180 a 1370 °C). Un Pt100 es un sensor de temperatura hecho con un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica (Walas, 1990).

Un **Pt100** es un tipo particular de RTD. (Dispositivo Termo Resistivo).

Medición de -100 a 200 °C con muy buena precisión y estabilidad (Walas, 1990).

➤ **Motor y reductor de velocidad:**

Los motores eléctricos son elementos desarrollados para generar movimiento circular, los cuales basan su funcionamiento en los principios magnéticos y electromagnéticos de la energía eléctrica. La estructura de un motor eléctrico consta básicamente de una parte fija que recibe el nombre de Estator y una parte móvil llamada Rotor. El funcionamiento del motor consiste en que el rotor (parte móvil) gire concéntricamente en el interior del estator (parte fija), esto es posible por la acción de las fuerzas de atracción y repulsión que provocan los campos magnéticos entre estos elementos. Los **reductores** son empleados para el accionamiento de toda clase de máquina de uso industrial y cotidiano que necesiten disminuir la velocidad de un motor eléctrico de una forma segura y eficiente (Walas, 1990).

➤ **Número de Reynolds:**

Es una expresión adimensional que permite caracterizar el movimiento de un fluido. Relaciona densidad, viscosidad, velocidad y la dimensión típica de un flujo. La presencia o ausencia de turbulencia en un fluido que se agita se puede relacionar con un número de Reynolds. Su ecuación es (McCabe, y otros, 2007):

$$N_{Re} = \frac{\rho N D^2}{\mu}$$

**Dónde:**

*N*: Velocidad de rotación (rps).

*D*: Diámetro del agitador (m).

*ρ*: Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>).

*μ*: Viscosidad dinámica del fluido (Kg/m.s)

El valor del número de Reynolds define si el carácter del fluido es turbulento o laminar. Además, se considera que el paso entre el régimen laminar y el turbulento no es inmediato, pasando por una zona de transición. Se define de la siguiente manera (McCabe, y otros, 2007):

Régimen laminar:  $Re < 10$

Régimen transitorio:  $300 < Re < 10000$

Régimen turbulento:  $Re > 10000$

➤ **Número de Potencia:**

El número de Potencia es proporcional a la relación entre la fuerza de rozamiento que actúa sobre una unidad de área del impulsor y la fuerza de inercia. Cuando el estanque contiene placas deflectoras, el  $N_p$  tiene una buena correlación con el número de Reynolds. Cuando existe régimen turbulento,  $N_p$  tiene valor constante. Su ecuación es (Perry, 1992):

$$N_p = \frac{P}{\rho N^3 D^5}$$

**Dónde:**

***P***: Potencia de agitación del impulsor (watts).

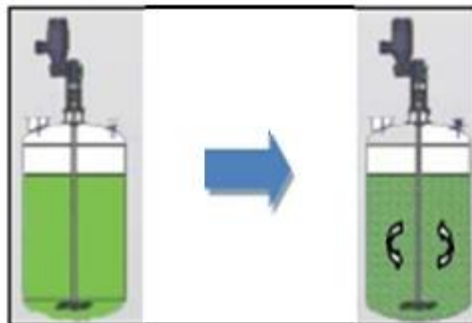
***N***: Velocidad de rotación (rps).

***D***: Diámetro del agitador (m).

**$\rho$** : Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>) (Perry, 1992).

#### 1.3.2.8. Aplicación de la agitación en el sistema de fermentación:

Es un proceso biológico con presencia o ausencia de oxígeno (aerobias o anaerobias). La agitación en la fermentación consiste en asegurar la suspensión homogénea de los microorganismos en el medio que contiene los nutrientes (Fig.3.6). En dichos procesos también suele ser muy importante el control de la temperatura, pH, incorporación de oxígeno en fermentaciones aerobias y eliminación de los gases formados en las anaerobias (Monsalvo Vázquez, y otros, 2014).



**Figura 11-1** Microorganismos suspendidos a través de la agitación.

**Fuente:** (Monsalvo Vázquez, y otros, 2014)

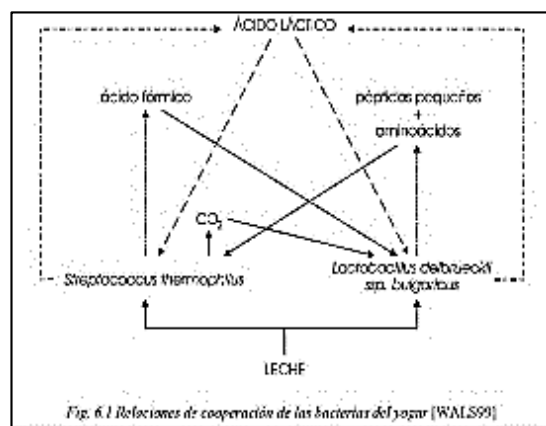
#### 1.3.2.9. Las bacterias ácido lácticas (BAL):

Las bacterias ácido lácticas se vienen empleando para fabricar alimentos. Su uso más corriente se relaciona con la producción de productos lácteos fermentados, como el yogurt, el queso, la manteca, la crema de leche, el kéfir y el kumis. Constituyen un gran grupo de microorganismos benignos que producen ácido láctico como producto final del proceso de fermentación. Se encuentran en grandes cantidades en la naturaleza y también en nuestro sistema digestivo (Klages, 1968).

Las bacterias ácido lácticas transforman la lactosa de la leche en ácido láctico, el que modifica la estructura de las proteínas de la leche (cuajan). De esta manera se modifica la textura del producto, aunque existen otras variables, como la temperatura y la composición de la leche, que influyen en las cualidades de los distintos productos resultantes. El ácido láctico le confiere a la leche fermentada ese sabor ligeramente acidulado, y otros derivados de la fermentación producen a menudo otros sabores o aromas. El acetaldehído, por ejemplo, da al yogurt su aroma característico (Klages, 1968).

Con respecto al yogurt, en su elaboración se emplean dos bacterias: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, que se caracterizan porque cada una estimula el desarrollo de la otra. Esta interacción reduce considerablemente el tiempo de fermentación y el producto resultante tiene peculiaridades que lo distinguen de los fermentados con una sola cepa de bacteria (Klages, 1968).

La cooperación de estas bacterias permite que se transforme la lactosa en ácido láctico, debemos tener en cuenta que la temperatura de activación de los *Streptococcus thermophilus* es 35°C mientras que para los *Lactobacillus bulgaricus* es de 45°C (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007).



**Figura 13-1:** Relaciones de cooperación de las bacterias del yogurt.

Fuente: (Romero del Castillo Shelly, y otros, 2007).

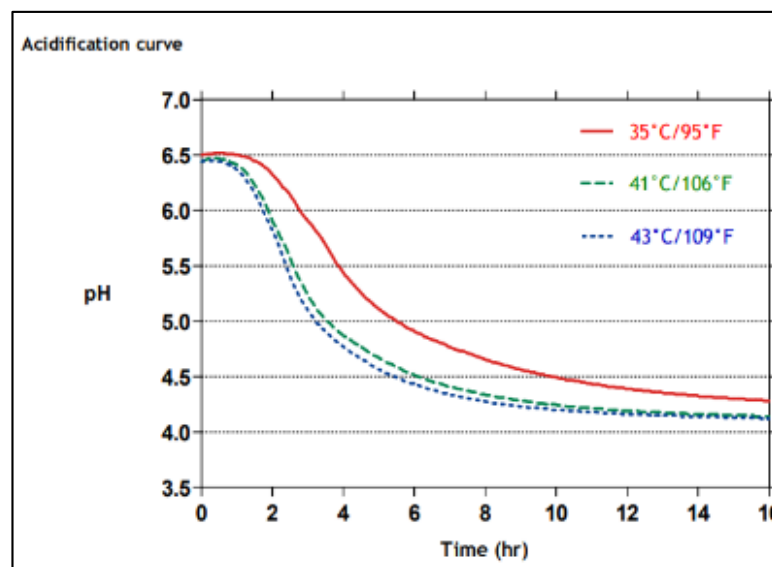
#### 1.3.2.10. Tipos de fermentos comerciales para la obtención de yogurt.

Los distintos tipos de productos o fermentos que se describirán a continuación están compuestos por BAL específicas para la obtención de yogurt, como son *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* (Klages, 1968).

➤ **CHR HANSEN- YF-L811:**

Este fermento de color blanco opaco, viene en presentación granulada, con las siguientes indicaciones:

- Almacenado del cultivo a una temperatura de -18°C.
- El rango de temperatura de la leche a la que se debe adicionar el cultivo es: 35-45°C (95-113°F), agitando o revolviendo de 10 a 15 minutos.
- La siguiente curva de acidificación, en condiciones de: Leche entera pasteurizada a 85 °C durante 30 minutos + leche en polvo descremada 2 % (Klages, 1968).



**Figura 11-1:** Curva de acidificación

Fuente: (Klages, 1968)

La gráfica representa el pH con respecto a las horas necesarias para fermentación de acuerdo a la temperatura a la que se encuentra la leche, siendo 43°C la temperatura óptima para obtención de yogurt en 6h (Klages, 1968).

La tabla que se presenta a continuación representa la relación de leche y cultivo a utilizar:

**Tabla 9-1:** Inoculación recomendada

Cantidad de leche a ser inoculada	250 L	1000 L	2500 L	5000 L	10000 L
Cantidad de fermento	50 U	200 U	500 U	1000 U	2000 U

Fuente: (Klages, 1968)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. 2018



➤ **LACTINA/ Bulgarian yogurt:**

Este fermento de color blanco, viene en presentación de grageas, con las siguientes indicaciones:

- Almacenado del cultivo a una temperatura de -18°C.
- El rango de temperatura de la leche a la que se debe adicionar el cultivo es: 35-45°C (95-113°F), agitando o revolviendo de 10 a 15 minutos.
- Las condiciones de materia prima son: Leche entera pasteurizada a 85 °C durante 30 minutos + leche en polvo descremada 2 %.
- El tiempo aproximado de término de fermentación de la leche es 6h (Klages, 1968).

➤ **YOMIX:**

Este fermento o cultivo de la empresa DANISCO viene en presentación granulada casi polvo, de color blanquecino, con las siguientes indicaciones:

- Almacenado del cultivo a una temperatura de -18°C.
- El rango de temperatura de la leche a la que se debe adicionar el cultivo es: 35-45°C (95-113°F), agitando o revolviendo de 10 a 15 minutos.
- Las condiciones de materia prima son: Leche entera pasteurizada a 85 °C durante 30 minutos + leche en polvo descremada 2 %.
- El tiempo aproximado de término de fermentación de la leche es 6h (Klages, 1968).

Para los tres tipos de fermentos mencionados anteriormente presentan el mismo procedimiento para obtención de yogurt.

*1.3.2.11. Parámetros de diseño.*

Se define utilizar un impulsor de paletas tipo hojas inclinadas, ya que este tipo de impulsor trabaja principalmente para fluidos de baja viscosidad y para velocidades que pueden ser medias o altas (Walas, 1990).

Se utilizarán para el diseño placas deflectoras para evitar los vórtices alrededor del eje y reducir de esta manera los esfuerzos que actúen sobre este (Walas, 1990).

Este tipo de impulsor resulta más económico y fácil de construir que un agitador de hélice o de turbina con palas inclinadas (Walas, 1990).

Para la selección del motor, este debe cumplir con las condiciones propias de un elemento mecánico expuesto a la intemperie. Por otra parte, el motor seleccionado deberá trabajar a velocidades medias con el fin de reducir el consumo de potencia (Walas, 1990).

Como velocidad media para una turbina las velocidades pueden ser del orden de las 100 al 300 rpm. Para la realización de los cálculos posteriores se define una velocidad de 115 rpm (Walas, 1990).

Considerando el medio húmedo al cual estará expuesto el agitador y su conjunto, se define utilizar acero inoxidable del tipo 314 o 316 L, para todos los componentes del agitador que se encuentren en el interior del estanque, por sus capacidades de resistencia a la corrosión, los ambientes húmedos, las bajas y altas temperaturas (Walas, 1990).

Para la estructura exterior que soporta al conjunto agitador se define utilizar acero al carbono previamente galvanizado. Esta estructura deberá soportar el peso propio del conjunto, además de los esfuerzos de torsión propios producidos por el motor al eje del agitador (Walas, 1990).

El eje será dispuesto en el centro del estanque, por lo tanto, este debe contar con placas deflectoras con el fin de evitar la formación de vórtices en el fluido (Walas, 1990).

#### *1.3.2.12. Semejanzas geométricas.*

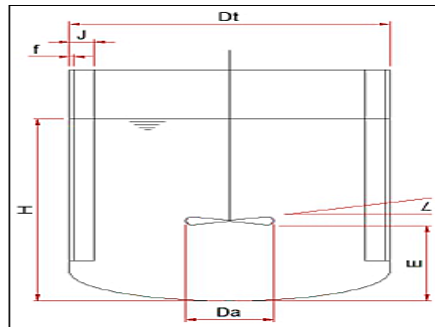
Para el diseño de un agitador existe un gran número de variables a considerar: Diámetro del estanque (Dt), Diámetro de las palas (Da), altura del fluido (H), ancho y cantidad de las placas deflectoras (J), distancia desde el fondo del estanque hasta el impulsor (E) (Peters, y otros, 2003).

Estas variables afectarán y determinarán las necesidades y objetivos particulares de lo que se requiere. Como, por ejemplo: La velocidad de circulación del líquido, modelo de flujo, consumo de potencia, etc.

Como punto de partida en el diseño de un agitador se pueden utilizar las semejanzas geométricas estandarizadas que relacionan las medidas generales del estanque con el tipo de impulsor (Peters, y otros, 2003).

Se indican a continuación las semejanzas geométricas de los tipos de impulsores más utilizados relacionados con las dimensiones del estanque, incluyendo las del tipo turbina que será utilizado en el diseño del agitador (Peters, y otros, 2003).

1.3.2.13. Sistema de Agitación tipo hélice.



**Figura 12-1:** Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice.  
Fuente: (McCabe, y otros, 2003).

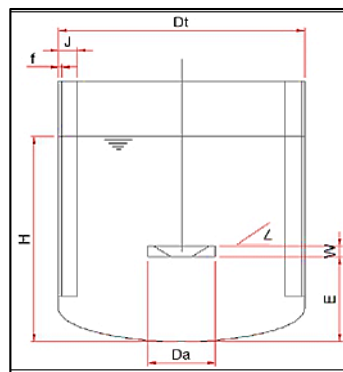
**Tabla 10-1:** Semejanzas geométricas impulsor tipo hélice.

$H/Dt = 1$	$Da/Dt = 0,33$	$E/Dt = 0,33$	$f/Dt = 0,02$
$W/Da = 0,2$	$J/Dt = 0,1$	$g/Da = 0.25$	

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

1.3.2.14. Sistema de Agitación tipo paletas inclinadas.



**Figura 13-1:** Semejanzas geométricas impulsor tipo paletas inclinadas.

Fuente: (McCabe, y otros, 2007)

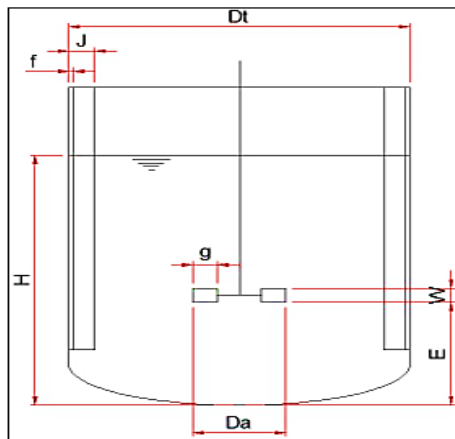
**Tabla 11-1:** Semejanzas geométricas impulsor paletas inclinadas.

$\leq 45^\circ$	$J/Dt = 0,1$	$W/f = 0.177$
-----------------	--------------	---------------

Fuente: (McCabe, y otros, 2003).

Realizado por: CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

1.3.2.15. Sistema de Agitación tipo turbina.



**Figura 14-1:** Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina.

**Fuente:** (McCabe, y otros, 2007)

**Tabla 12-1:** Semejanzas geométricas impulsor tipo turbina.

$H/Dt = 1$	$Da/Dt = 0,337$	$E/Dt = 0,17/0,34$
$\leq 45^\circ$	$J/Dt = 0,1$	$W/f = 0.177$

**Fuente:** (McCabe, y otros, 2007).

**Realizado por:** CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

#### **1.4. Beneficiarios Directos e Indirectos**

##### **1.4.1. *Directos***

- El presente proyecto beneficiará principalmente a la quesera Doña Isabelita y los agremiados a la empresa, aportando un nuevo producto para la variedad que ésta presenta.

##### **1.4.2. *Indirectos***

- Se beneficiarían los pequeños y medianos productores de leche de la zona y sectores aledaños.
- Con el desarrollo de este proyecto se beneficiaría a distintos profesionales y personal del sector, que participarán del proceso.
- también se beneficiarán los proveedores de suministros, a los actores en la línea de comercialización.

## **CAPÍTULO II**

### **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **2.1. General**

- Diseñar un reactor tipo batch para la elaboración de yogurt para la empresa quesera Doña Isabelita en la parroquia de San Gerardo, cantón Guano, provincia de Chimborazo.

#### **2.2. Específicos**

- Simular el proceso de elaboración de yogurt a nivel de laboratorio.
- Determinar las variables de diseño para la elaboración de yogurt.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del reactor tipo batch.
- Validación técnica y económica del diseño.

## CAPÍTULO III

### 3. ESTUDIO TECNICO

#### 3.1. Localización del proyecto

Guano es uno de los cantones que conforman la Provincia de Chimborazo, conocido como “Capital Artesanal del Ecuador” ubicada al norte de la provincia de Chimborazo.

Tiene dos parroquias urbanas divididas por el río Guano: La Matriz y El Rosario, y nueve parroquias rurales: Ganando, Ilapo, La Providencia, San Andrés, **San Gerardo**, San Isidro, San José de Chazo, Santa Fe de Galán, Valparaíso (GADMCG, 2011).

Según el censo realizado en el 2014 Guano cuenta con una población de 46249 habitantes, está ubicada a 8 Km al norte de Riobamba, a 10 minutos de la ciudad de Riobamba, a una altura aproximada de 2720 m.s.n.m., pero es un valle que tiene rangos altitudinales que van desde los 2280 m.s.n.m (Cota Baja) en la comunidad de Cahujá Bajo parroquia Guanando hasta los 6.310 m.s.n.m. (Cota Alta) en el nevado Chimborazo parroquia San Andrés (GADMCG, 2011).

La temperatura promedio del cantón Guano varía entre 16 y 18°C, posee un clima templado y seco.

Los límites del cantón Guano son:

**Al norte con:** Provincia de Tungurahua, la montaña de Igualata, el Huahua Yacú y el río Mocha

**Al Sur con:** Cantón Riobamba y la quebrada las Abras.

**Al este con:** El río Chambo y el Cantón Penipe.

**Al oeste con:** Cantón Riobamba y una pequeña parte de la provincia de Bolívar (GADMCG, 2011) (GADMCG, 2011).



**Figura 1-3:** Ubicación geográfica del Cantón Guano  
**Fuente:** (Google Earth, 2017.)

### 3.1.1. *Área de estudio:*

La Quesera Doña Isabelita es una empresa que posee un área de 420 m<sup>2</sup>, se encuentra en las calles 15 de enero y Mariano Flor en la parroquia de San Gerardo en el cantón **Guano** situado en la provincia de Chimborazo (GADMCG, 2011).

Los límites del cantón Guano son:

Al norte con: Tungurahua

Al Sur con: cantón Riobamba

Al este con: el río Chambo

Al oeste con: cantón Riobamba y una pequeña parte de la provincia de Bolívar (GADMCG, 2011).

San Gerardo tiene un clima frío y se encuentra a 2740 msnm.



**Figura 2-3:** Ubicación geográfica de la quesera Doña Isabelita

Fuente: (Google Earth, 2017.)

## 3.2. **Ingeniería del Proyecto**

### 3.2.1. *Tipo de estudio:*

Para iniciar con este proyecto tipo técnico se analizará la materia prima que ingresa a la planta para verificar la inocuidad y calidad de la leche mediante análisis de un laboratorio certificado denominado LACONAL, en la ciudad de Ambato, posteriormente se obtendrá información de



ciertas fuentes bibliográficas acerca del equipo, del proceso, además se realizará pruebas a nivel de laboratorio de elaboración de yogurt para obtener el procedimiento idóneo para este producto. Realizando los balances de masa y energía, para determinar las dimensiones requeridas para nuestro equipo. Para la construcción de nuestro reactor tipo batch el material recomendado es el acero inoxidable debido a que es resistente a la corrosión y a temperaturas elevadas.

Con toda la información obtenida de diferentes fuentes bibliográficas se procede a realizar los cálculos para el dimensionamiento de nuestro fermentador.

Se ejecutará el diseño del reactor tipo batch para la elaboración de yogurt en la quesera Doña Isabelita, con el propósito de beneficiar económicamente a la empresa, además de diversificar y abarcar mayor mercado brindando un producto de calidad a los consumidores.

### 3.2.2. *Metodología:*

#### 3.2.2.1. *Método Deductivo:*

Partiendo de las características deseadas en el producto final (yogurt) y la naturaleza de la materia prima a procesar (leche cruda), se procede mediante la recolección de información y conforme el avance del ensayo experimental a establecer el diseño del reactor (Chopey, y otros, 1986).

#### 3.2.2.2. *Método Inductivo:*

En el método inductivo se obtienen consumaciones generales a partir de conjeturas particulares que envuelven los siguientes pasos esenciales: observación de los hechos, clasificación, estudio de dichos hechos y su constatación. En este trabajo de titulación se estudia la posibilidad de procesar la leche para obtener yogurt (Observación de los hechos).

Para ello se establece las características de la materia prima a usar mediante su caracterización fisicoquímica y microbiológica (clasificación), se analizan las alternativas de diseño del reactor batch (estudio) y finalmente se constata que el producto obtenido de cumplimiento de la normativa ecuatoriana para leches fermentadas, sus ventajas de consumo y comercialización con respecto a la materia prima de partida (Chopey, y otros, 1986).

#### 3.2.2.3. *Método experimental:*

Este método implica la observación, manipulación, registro de las variables (dependiente, independiente, intervinientes, etc.) que afectan un objeto de estudio. En este proyecto se utilizaron diversas técnicas de laboratorio para caracterizar tanto la materia prima como el producto obtenido, y a través de diversas herramientas y materiales se efectuó la transformación de la materia prima en el producto deseado. Esta transformación involucró el control y/o la manipulación de las variables del proceso (entre ellas, temperatura, dosificaciones, tiempo, entre otras) (Chopey, y otros, 1986).

Los métodos para la caracterización, tanto de la leche como del yogurt (producto final) se llevaron a cabo según lo establecido en las normas INEN respectivas. Ver anexo H.

**Tabla 1-3:** Requisitos de la leche cruda- Caracterización.

<b>Requisitos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Método de ensayo</b>
<b>Densidad relativa a 15°C</b>	g/mL	1,029	1,032	1,028	NTE INEN 11
<b>a 20 °C</b>		1,028	1,033		
<b>Materia grasa</b>	% <sup>1</sup>	3	-	1,7	NTE INEN-ISO 2446
<b>Acidez titulable como ácido láctico</b>	%	0,13	0,17	0,126	NTE INEN 13
<b>Sólidos totales</b>	%	11,2	-	90,5	NTE INEN 14
<b>Sólidos no grasos</b>	%	8,2	-	----	*
<b>Cenizas</b>	%	0,65	-	----	NTE INEN 14
<b>Punto de congelación (punto crioscópico)</b>	°C	-0,536	-0,512	-----	NTE INEN-ISO 5764
Proteínas (N*6,38)	%	2,9	-	2,82	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)**	h	4	-	6 h Muy buena	NTE INEN 18
	Para leche destinada a pasteurización, no se coagulará por				

Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en masa o 75 % en volumen.  Para la leche destinada a ultra pasteurización, no se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 71 % en masa o 78 % en volumen.	-----	NTE INEN 1500
Antibióticos	NEGATIVO		
MICROBIOLOGICO			
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos	UFC/mL	-----	1,5x10 <sup>6</sup> 1,2x10 <sup>3</sup> NTE INEN 1529;-5
Coliformes totales	UFC/mL	10 NTE INEN 1529;-7	
<i>Escherichia Coli</i>	UFC/mL	Ausencia NTE INEN 1529;-8	
<p>* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.</p> <p>** Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento</p> <p>1 Corresponde a fracción de masa expresada en porcentaje.</p> <p>2 Conservantes: formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, dicromato de potasio y dióxido de cloro.</p> <p>3 Neutralizantes: orina bovina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.</p> <p>4 Adulterantes: Harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, suero de leche, grasas vegetales.</p>			

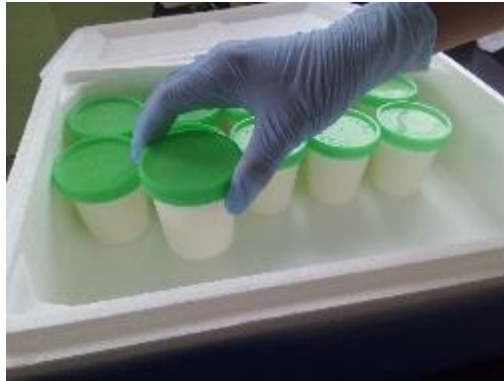
Fuente: (NTE INEN 009 (5R), 2011)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018

Los parámetros que están directamente relacionados con la obtención del yogurt son los siguientes:

### 3.2.3. *Ensayos a nivel de laboratorio:*

Para la realización del yogurt se realizó el análisis físico-químico y microbiológico de una muestra de la leche que ingresa a la planta por medio de un ente certificado, dichos análisis cumplen con la norma NTE INEN 009.



**Fotografía 1-3:** Preparación de la muestra.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2018.

A continuación, mediante el uso de las instalaciones del laboratorio de Investigación de la facultad de ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se procedió a realizar el yogurt, iniciando con la pasteurización de la leche, a 85 °C, durante 30 minutos, tomando en consideración que la presión de operación que posee la caldera de la empresa son 10 PSI, correspondiente a una temperatura de agua líquida saturada de 96°C.



**Fotografía 2-3:** Medición de temperatura de leche pasteurizada.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2018.

Adicionándole pasado este transcurso de tiempo, azúcar, Sorbato de potasio el mismo que es utilizado como preservante, leche en polvo que le proporciona al producto final el carácter de espesante, gelatina sin sabor que es un estabilizante y espesante, se mezclan homogéneamente

todos estos aditivos con la leche durante 10 minutos, tiempo en el cual se estabiliza la mezcla (Klages, 1968).



**Fotografía 3-3:** Adición de componentes.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2018.

Para determinar la temperatura óptima de fermentación se realizó pruebas a diversas temperaturas hasta obtener una disminución de pH de la leche en el menor tiempo.

Se activa el cultivo previamente pesado; colocándolo en un vaso de 250 mL junto con la leche a la temperatura de cada ensayo.

Una vez mezclado la leche con el cultivo se sella y se coloca dentro del incubador previamente programado.

Para nuestro primer ensayo se programó el incubador a una temperatura de 35°C, temperatura a la cual una de nuestras BALs (*Streptococcus thermophilus*) se activa.



**Fotografía 4-3:** Programación de la incubadora.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2018.

Se tomó valores de pH conforme transcurría el tiempo, obteniendo el resultado siguiente:



**Fotografía 5-3:** Medición de pH.  
**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.



**Gráfico 1-3:** Curva de acidificación a 35°C.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2018.

A una temperatura de 35°C se llegó a un pH de 5, observando que no se coagulo totalmente la leche, produciéndose sinéresis en el vaso.



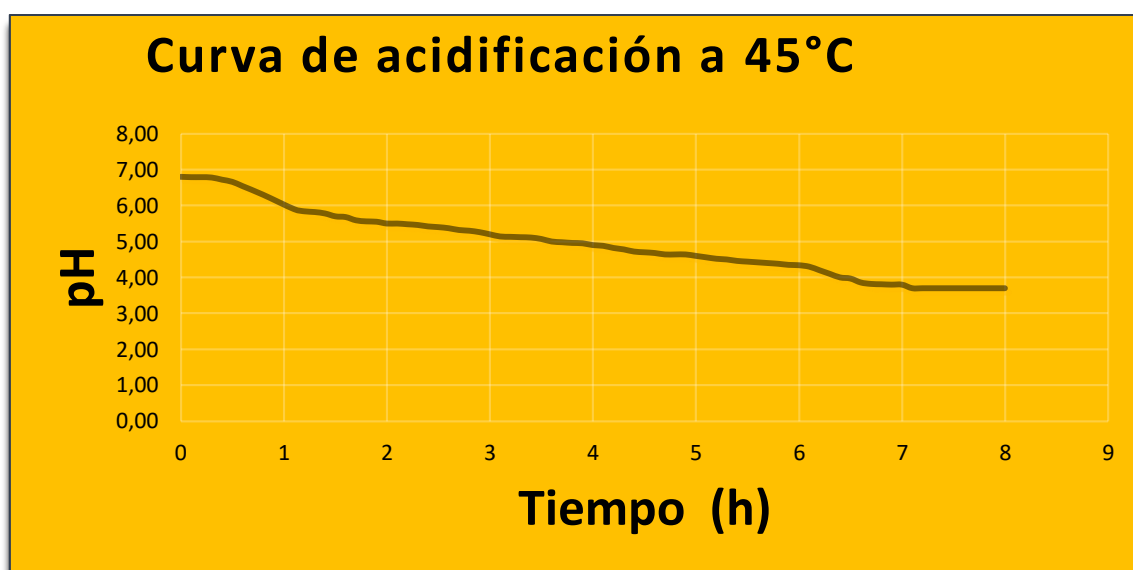
**Fotografía 6-3:** Sinéresis.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2017.

Para nuestro segundo ensayo se programó el incubador a una temperatura de 45°C, temperatura a la cual una de nuestras BALs (*Lactobacillus bulgaricus*) se activa.

Se tomó valores de pH conforme transcurría el tiempo, obteniendo el resultado siguiente:



**Fotografía 7-3:** Medición de pH.  
**Realizado por** Chávez Marcelo, 2017.



**Gráfico 2-3:** Curva de acidificación a 45°C.  
**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.

A la temperatura de 45°C se obtuvo mejores resultados que en la prueba anterior por lo que se procedió a realizar a partir de esta temperatura más experimentaciones, disminuyendo y aumentando 2°C.

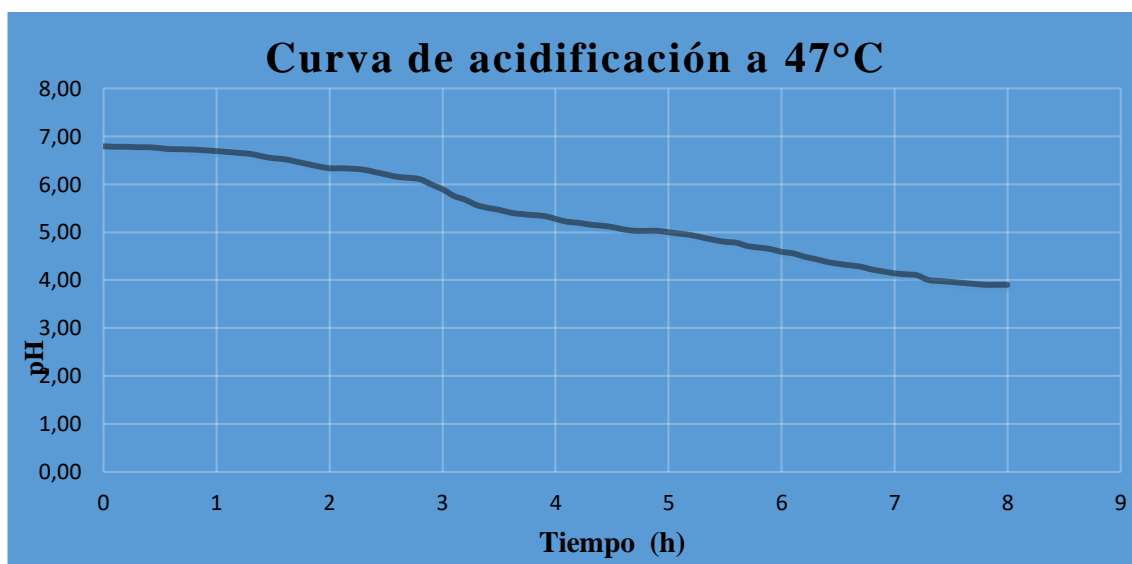
Para nuestro tercer ensayo se programó el incubador a una temperatura de 47°C buscando mejores resultados.

Se tomó valores de pH conforme transcurría el tiempo, obteniendo el resultado siguiente:



**Fotografía 8-3:** Medición de pH.

Realizado por: Chávez Marcelo, 2018.



**Gráfico 3-3:** Curva de acidificación a 45°C.

Realizado por: Chávez Marcelo, 2018.

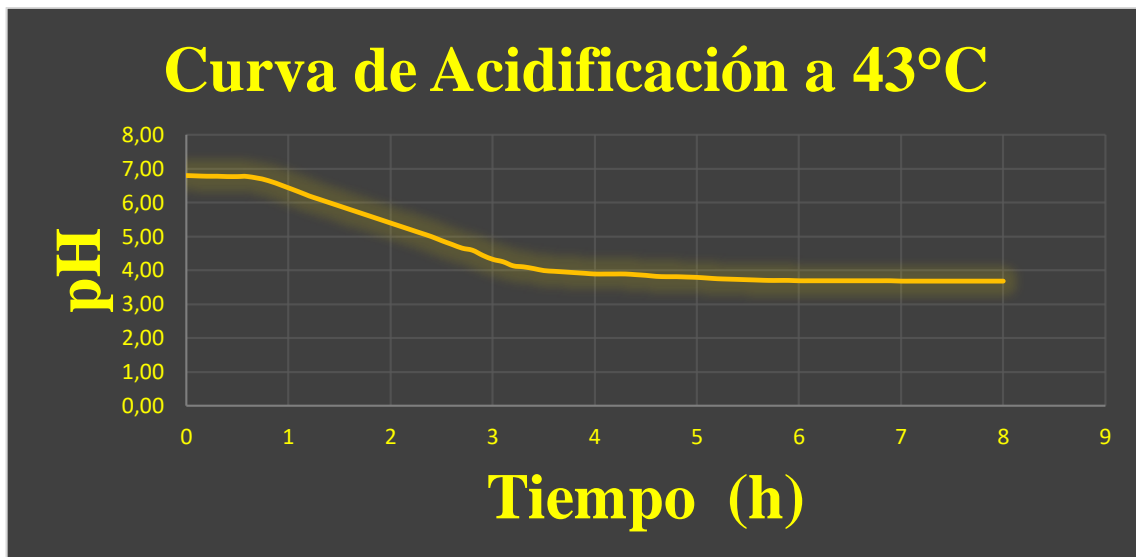
A los 47°C no mejoro el resultado, ya que aumento el tiempo de fermentación. Por lo que se descarta que al aumentar la temperatura se obtiene mejores resultados. Para nuestro cuarto ensayo se programó el incubador a una temperatura de 43°C buscando mejores resultados. Se tomó valores de pH conforme transcurría el tiempo, obteniendo el resultado siguiente:



**Fotografía 3-9:** Medición de pH.

Realizado por: Chávez Marcelo, 2018.





**Gráfico 4-3:** Curva de acidificación a 45°C.

**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.

A los 43°C se obtuvo una disminución de pH en un menor tiempo por lo que se procede a disminuir otros 2°C con la finalidad de obtener mejores resultados.

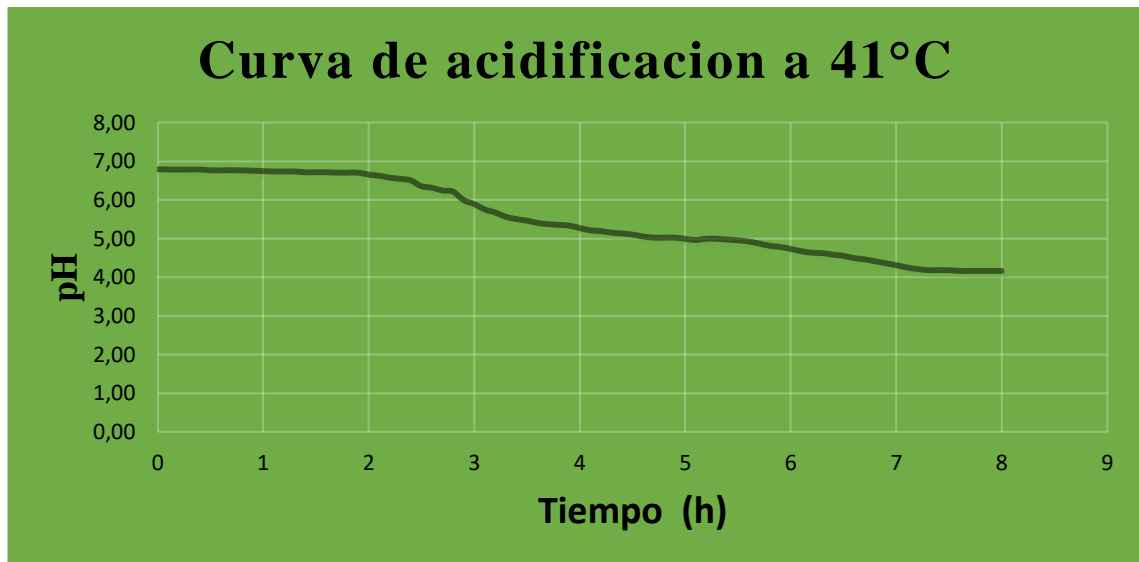
Para nuestro quinto ensayo se programó el incubador a una temperatura de 41°C buscando mejores resultados.

Se tomó valores de pH conforme transcurría el tiempo, obteniendo el resultado siguiente:



**Fotografía 10-3:** Medición de pH.

**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.



**Gráfico 5-3:** Curva de acidificación a 45°C.

**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.

A los 41°C la disminución de pH con respecto al tiempo no fue mejor que a los 43°C.

Determinándose así que para realizar nuestros yogures debemos programar a una temperatura de 43° C, temperatura a la cual se produce el desarrollo o activación óptima de las bacterias ácido lácticas (BAL) en el menor tiempo.

Finalmente, en un vaso de precipitación de 250 mL se añade la leche que se pasteurizó, cuando haya alcanzado los 43°C, se mezcla el cultivo previamente pesado para la cantidad de muestra existente.

Una vez mezclado la leche con el cultivo a 43°C se sella y se coloca dentro del incubador previamente programado.



**Fotografía 11-3:** Yogurt.

**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.

Transcurrido un lapso de 6h se retira del incubador, y lo colocamos en el agitador automático a 90 rpm, durante 30 min.

Una vez agitado lo mezclamos con la mermelada previamente filtrada para evitar un mal aspecto y conservar solo el color.



**Fotografía 12-3:** Agitación a 90 rpm.  
**Realizado por:** Chávez Marcelo, 2018.

#### 3.2.4. *Validación técnica:*

La validación técnica se realizó a través de un análisis sensorial el cual será uno de los ítems que nos permite discernir cuál de los tres yogures se deberá producir en la empresa ya sea el elaborado con el cultivo YOMIX, YF o LACTINA (Espinosa, 2007).

El análisis sensorial se fundamenta en el método afectivo, el cual asiente escoger a un conjunto de personas no entrenadas denominadas “Jueces afectivos”preciados como consumidores inmediatos del producto (Espinosa, 2007).

Según el criterio sensorial de los jueces se evalúan las muestras presentadas y cuyos resultados nos permiten conocer el grado de aceptación o rechazo del mismo por medio de una encuesta cuyas consultas sean claras y poco extensas para no fastidiar a los individuos (Espinosa, 2007).

El juez afectivo es una persona que no ha tomado ninguna clase de adiestramiento con anterioridad, pero que forma parte de la población de estudio. El número de jueces que se recomienda emplear debe ser mayor de 80, generalmente entre 100 y 150 personas, aunque mientras mayor cantidad se emplee se logra una mejor representatividad de la población (Espinosa, 2007).

La prueba de aceptación puede notarse perjudicada si el juez afectivo tiene alguna enfermedad, u otros inconvenientes que le impidan degustar el producto de buena manera, entonces será rechazado automáticamente debido a que su evaluación variará notoriamente los resultados (Espinosa, 2007).

Cada juez afectivo tiene a su disposición tres muestras cada una rotulada con su respectiva codificación y acompañadas de un vaso de agua. Se procede a explicar a los jueces la clase de producto que van a evaluar, la forma de hacerlo y como llenar la encuesta según el modelo de la misma (Ver anexo G).

Culminada la etapa de encuestas se procede a la tabulación de los datos y análisis de los resultados obtenidos desde el punto de vista estadístico con la prueba de chi-cuadrado para verificar si existe relación entre las muestras y los niveles de respuesta respecto a cada parámetro de interés (Color, Aroma y Sabor) (Espinosa, 2007).

### 3.2.5. *Análisis Sensoriales (Encuesta)*

Este análisis será el que finalmente nos permita elegir cuál de los tres fermentos utilizados para realizar el yogurt debe ser producido a nivel industrial, dado que este nos proporciona la información más precisa acerca de lo que el mercado demanda (Espinosa, 2007).

El horario a realizar esta prueba será en la mañana entre las 10:00 a 11:00 am y en la tarde a las 15:00 a 17:00 pm.

#### ➤ **Procedimiento:**

Se designaron las primeras letras del alfabeto a los fermentos, para que exista familiaridad entre el juez y la muestra.

**Tabla 2-3:** Tabla de asignación de fermentos.

<b>Fermentos</b>	<b>Laboratorio / Producto</b>	<b>Asignación</b>
Fermento 1	LACTINA	A
Fermento 2	YOMIX	B
Fermento 3	YF	C

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

La prueba se realizó el día 9 de mayo del 2017, con la participación de 150 jueces afectivos en dos lugares de la ciudad de Riobamba, en el mercado “San Alfonso” dado que allí se pudo encontrar a los jueces no entrenados que son objeto de este estudio y en zonas aledañas a los lugares destinados a expender el producto. **Ver Anexo F**

Se rotulo los envases con las primeras letras del alfabeto respectivamente designados para cada uno. Con un vasito pequeño a la vez rotulado con la respectiva letra se proporcionaba tres muestras de yogurt a cada juez y agua entre degustaciones para que no afectara el sabor.

Se les procedió a explicar a los jueces luego de la degustación del producto como llenar la encuesta correctamente. El modelo de la encuesta fue el siguiente: **Ver Anexo G**

Culminada la etapa de encuestas, se procede al análisis estadístico para determinar cuál fue el yogurt de mayor aceptación entre los evaluados.

#### 3.2.6. *Tabulación de resultados del análisis sensorial.*

El número de muestra de este proyecto fue del tipo no probabilístico, los criterios de inclusión fueron: hombres y mujeres que quisieran participar voluntariamente.

Para obtener resultados confiables de las encuestas se utilizó la “Prueba Chi-Cuadrado de Pearson” mediante el programa estadístico educativo denominado SPSS (Statistical Package for the Social Science). Esta prueba se aplica para analizar los datos provenientes de variables en escala nominal, dicotómicas (duales), ordinal, entre otras (Chopey, y otros, 1986).

Se ejecuta mediante la construcción de tablas de contingencia las cuales permiten determinar la relación que existe entre dos variables categóricas (binarias o cualitativas), o también determinar la distribución que tiene dicha variable categórica frente a muestras diferentes; y con ellas obtener conclusiones muy claras acerca del objeto de estudio.

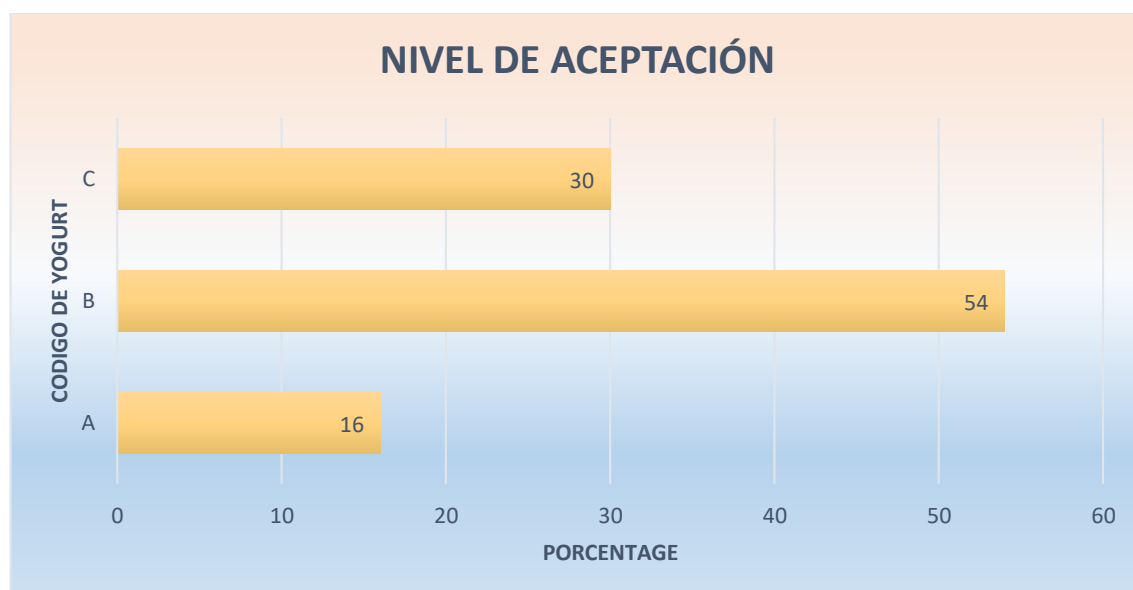
Y se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3-3:** Contingencia por Códigos de Yogurt

Códigos	Opiniones/ Evaluación	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
A	24	16,0	16,0	16,0
B	81	54,0	54,0	70,0
C	45	30,0	30,0	100,0
<b>Total</b>	150	100,0	100,0	

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

La tabla nos presenta un global de 150 jueces afectivos desde los cuales se recibió 24 opiniones acerca de la muestra A en sabor y consistencia, 81 para B, 45 para C dándonos un resultado global de 150 opiniones, cumpliendo así con los datos necesarios para tabular y definir cuál fue la muestra con mayor aceptación.



**Gráfico 1-3** Resultados Prueba Chi Cuadrado de Pearson

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

Observando estos resultados sobre la aceptación se obtienen valores significativos de preferencia, 54% para el yogur B, 30% para el yogur C y finalmente con la menor aceptación 16% el yogur A.

Desglosando la figura anterior de acuerdo a la consistencia y sabor con los datos obtenidos de los jueces afectivos procedemos a tabular y realizar las gráficas comparativas de las tres muestras.

**Tabla 4-3:** Prueba Chi-Cuadrado – Consistencia

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	28,707	4	,000
Razón de verosimilitudes	25,939	4	,000
N° de casos válidos	150		

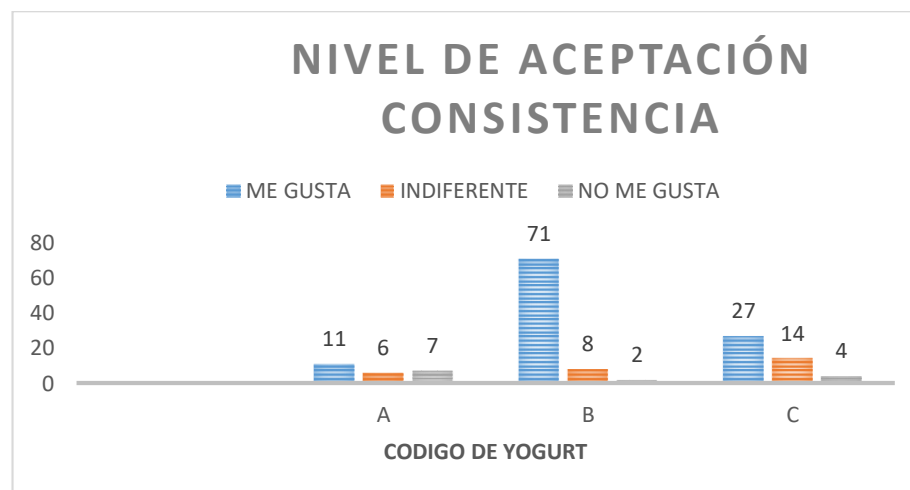
Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

Al analizar los resultados de la consistencia con la prueba Chi Cuadrado con un nivel de confianza del 95%, se determinó que existen diferencias significativas en la opinión de las personas sobre la consistencia de las muestras de yogurt, del número de personas que aseguraron les gustó la consistencia de los yogures: el 47,33% aseguró que les gustaba la consistencia del yogurt de código B, al 18,00% aceptó de buen agrado la consistencia del yogurt C y el 7,33% opinó que era adecuada la consistencia de la muestra A.

**Tabla 5-3:** Tabla de Contingencia – Consistencia

Código	Consistencia			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
A	11	6	7	24
B	71	8	2	81
C	27	14	4	45
<b>Total</b>	109	28	13	150

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018



**Gráfico 2-3:** Resultados Prueba Chi-Cuadrado Consistencia

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

## SABOR:

**Tabla 6-3:** Prueba Chi-Cuadrado – Sabor

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	57,913	4	,000
Razón de verosimilitudes	58,106	4	,000
N° de casos válidos	150		

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

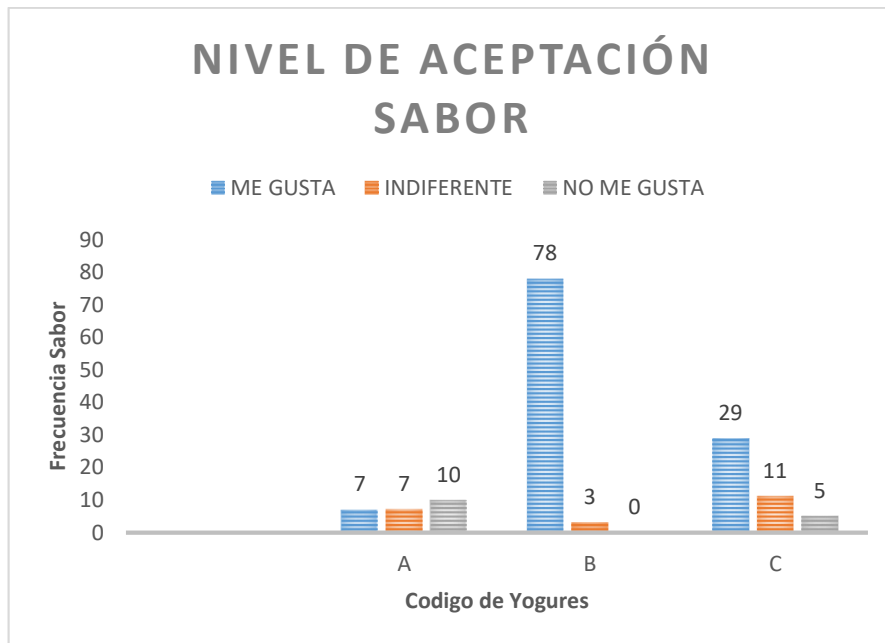
De igual forma, se analizó a un nivel de confianza del 95% y una significancia de 0,05 si se verificaban diferencias en relación al sabor de los yogures. Y se obtuvo que existen diferencias significativas en relación al sabor al contrastarse con el código de yogur, del 76% de personas que aseguraron haberles gustado los yogures: al 52% les gustó en relación al sabor de la muestra B, al 19,33% aprobó el sabor de la muestra C y al 4,66% le otorgó su beneplácito a la muestra A. Es importante señalar que la muestra B no obtuvo comentarios de opinión "No me gusta".

**Tabla 7-3:** Contingencia - Sabor

Código	Sabor			Total
	Me gusta	Indiferente	No me gusta	
A	7	7	10	24
B	78	3	0	81
C	29	11	5	45
Total	114	21	15	150

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018





**Gráfico 3-3:** Resultados Prueba Chi-Cuadrado Sabor

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

Con esto se puede concluir que el fermento de la muestra B con que se elaboró el yogurt fue el de mayor aceptación y se procederá a realizar el procedimiento respectivo en el laboratorio para el posterior diseño del reactor.

### 3.2.7. *Formulación obtenida del yogurt.*

Para obtener los valores de insumos o aditivos necesarios se realizó varias pruebas utilizando una referencia bibliográfica para iniciar con la formulación del producto final, además de información específica de los cultivos, para una cantidad de leche.

Las pruebas empezaron con la relación del cultivo en este caso conocido comercialmente como YOMIX en presentación de un sobre liofilizado para 100 litros pesando el contenido son 1115,5 mg de cultivo; la cantidad de aditivos no debe superar el 30% m/m del total del producto, además de que, para edulcorantes, azúcar, fruta y procesado de fruta el valor añadido final no debe ser mayor a 5%, todo esto está indicado en la norma INEN 23:95 para leches fermentadas.

La relación se la hizo con una cantidad inicial de 2 litros y luego extrapolamos a la cantidad requerida es decir 1000 litros.

A continuación, se presenta una tabla con los datos obtenidos.

**Tabla 8-3:** Datos obtenidos en el laboratorio para formulación de yogurt.

ADITIVOS	VOLUMEN A PREPARAR	
	2 LITROS	1000 LITROS
Cultivo YOMIX	0,088 g	44 g
Sorbato de Potasio.	0,83 g	415 g
Leche en Polvo	10 g	5000 g
Gelatina sin sabor	10 g	5000 g
Azúcar	20 g	10000 g
Colorante	0,5 g	250 g

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018.

Con estos datos obtenidos de manera experimental procedemos a realizar los balances de masa, energía y demás conocidos como cálculos de ingeniería. Datos adicionales determinados experimentalmente y en tablas de acuerdo a las especificaciones de diseño:

**Tabla 9-3:** Características del vapor del caldero de la quesera Doña Isabelita.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Presión de trabajo	PSI	10
Temperatura de Salida	°C	96

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018.

**Tabla 10-3:** Conductividad del acero inoxidable

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Conductividad térmica del acero inoxidable AISI 304	W/m <sup>2</sup> °C	16,3

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018.

**Tabla 11-3:** Datos experimentales

CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR
Temperatura	°C	96
Agitación	Rpm	150

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018.

3.2.8. *Caracterización del producto elaborado de acuerdo a norma NTE INEN 23:95 para leches fermentadas.*

Los parámetros del yogurt realizado a nivel de laboratorio posterior a la simulación deben cumplir con la norma NTE INEN 23:95, que se puede verificar en el Anexo I.

A continuación, se muestra una tabla con los valores que presento nuestro yogurt.

**Tabla 12-3:** Análisis del yogurt.

Requisitos	ENTERA		Resultado	Método de ensayo
	Min (%)	Max		
Contenido de Grasa	2,5	----	3,76	NTE INEN 12
Proteína % m/m	2,7	---	2,72	NTE INEN 16
pH	Unid.		3,79	Potenciométrico

Fuente: (NTE INEN 2395, 2011)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

**Tabla 13-3:** Análisis del yogurt - Microorganismos.

Requisitos	Min UFC/g	Max UFC/g	Resultado	Método
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para cada producto	-----	$10^7$	$1,4 \times 10^5$	Siembra en Placa
Coliformes Totales	Ausencia			Siembra en Placa

Fuente: : (NTE INEN 2395, 2011)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

3.2.9. *Cálculos de ingeniería.*

3.2.9.1 *Dimensionamiento del reactor.*

Las siguientes ecuaciones son expresiones matemáticas que facilitan la elaboración del diseño del reactor tipo batch, han sido utilizadas en diferentes trabajos de titulación.

➤ **Volumen del reactor ( $V_R$ )** (Erazo y Lata, 2012, p. 41):

Para el volumen del reactor se tomó en cuenta la cantidad de materia prima que destinara la empresa para la elaboración del yogurt.

$$V_R = V * 1,15$$

Dónde:

V = Volumen de leche a procesar (L).

$V_R$  = Volumen final del reactor considerando el factor de seguridad (L).

Factor de seguridad: 15% del volumen de leche a procesar.

$$V_R = 1000 \text{ (L)} * 1,15$$

$$V_R = 1150 \text{ L}$$

➤ **Radio del reactor ( $r_R$ ) (Erazo y Lata, 2012, p. 41):**

El valor del diámetro del reactor se tomó de acuerdo a la disponibilidad de espacio dentro de la planta de producción.

$$r_R = \frac{di}{2}$$

**Dónde:**

$r_R$  = Radio del reactor (m).

$di$  = Diámetro interno del reactor (m).

$$r_R = \frac{1,2 \text{ m}}{2}$$

$$r_R = 0,6 \text{ m}$$

➤ **Altura del reactor ( $h_R$ ) (Erazo y Lata, 2012, p. 41):**

Despejamos de la fórmula:

$$V_R = h_R * A$$

Sabiendo que:  $A = \pi r^2$

$$h_R = \frac{V_R}{\pi r^2}$$

$$h_R = \frac{1,15 \text{ m}^3}{\pi(0,6 \text{ m})^2}$$

$$h_R = 1,016 \text{ m}$$

➤ **Altura del líquido ( $h_L$ )** (Erazo y Lata, 2012, p. 41):

La cantidad de leche destinada para la elaboración de yogurt son **1000 litros**. Con este volumen determinamos la altura del líquido.

Despejamos de la fórmula:

$$V_L = h_L * A$$

Sabiendo que:  $A = \pi r^2$

$$h_L = \frac{V_L}{\pi r^2}$$

$$h_L = \frac{1 \text{ m}^3}{\pi(0,6 \text{ m})^2}$$

$$h_L = 0,88 \text{ m}$$

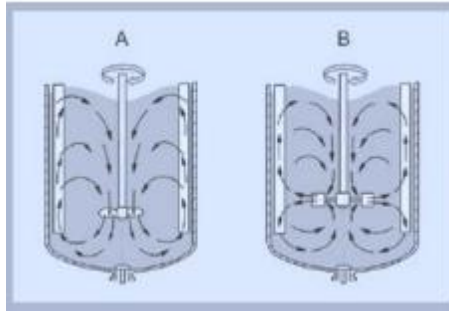
➤ **Cálculo del sistema de agitación.**

El sistema de agitación es utilizado para forzar de forma mecánica el movimiento constante de un fluido en el interior del tanque formando así una mezcla homogénea, evitando que el producto deseado se quemé o se adhiera a las paredes del tanque.

El agitador es el encargado de hacer circular el líquido por todo el recipiente, creando así un tipo de flujo que vuelve de vez en cuando al agitador. (EcuRed, 2017). Existen 2 tipos de flujo que se producen:

- Flujo Axial: generan corrientes paralelas al eje del impulsor.
- Flujo Radial: generan corrientes en dirección radial o tangencial. (McCabe et al, 2002).

Se utilizan 3 tipos de agitadores en líquidos de poca a moderada viscosidad; entre ellas tenemos: Paletas, Turbinas y Hélices.



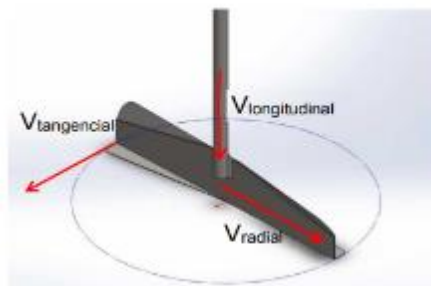
**Figura 3-3:** Tipo de flujo: A) Flujo Axial y B) Flujo Radial.  
**Fuente:** Univerdidad Valparaiso de Chile, 2008. P. 47

En los tanques de agitación actúan tres tipos de movimientos:

**Velocidad radial:** dirección perpendicular al eje del rodete.

**Velocidad longitudinal:** dirección paralela al eje del rodete.

**Velocidad tangencial o rotacional:** dirección tangencial a la trayectoria circular descrita por el rodete. (Álvarez y Aguilera, p. 17)



**Figura 4-3:** Direcciones de las velocidades que actúan sobre el rodete.

**Fuente:** Álvarez et al, ESPE. 2014, p. 17

➤ **Elección del tipo de agitador**

Selección del agitador de acuerdo a sus viscosidades

**Tabla 14-3:** Tipo de agitador de acuerdo a su viscosidad

TIPO DE RODETE	VISCOSIDAD (Pa*s)
Ancla	$10^{-1} - 2$
Hélice	$10^{-3} - 10^1$
Turbina	$10^{-3} - 3*10^1$
Paletas	$10^{-1} - 3*10^1$
Compuerta	$10^0 - 10^2$
Tornilla Helicoidal	$3 - 3*10^2$
Helicoidal de cinta	$10^1 - 2*10^3$
Extrusoras	$>10^3$

Fuente: Coker, 2001. Benavides, Paola p. 103.

Realizado por: Chavez, Marcelo. 2018

Al realizar el yogurt se obtuvo una viscosidad de 1,31 Pa\*s que se determinó por medida directa con la ayuda de un viscosímetro y una densidad de 1 044 Kg/m<sup>3</sup> calculada experimentalmente. De acuerdo a la viscosidad se pueden utilizar los siguientes agitadores: de tipo ancla y de paletas, sin embargo se requiere de una agitación de flujo axial y radial con el fin que no se forme un vortice y se homogenice todas las sustancias para la elaboración de yogurt, según fuentes bibliográficas consultadas la mejor opción es el agitador de planetas inclinadas a 45°.

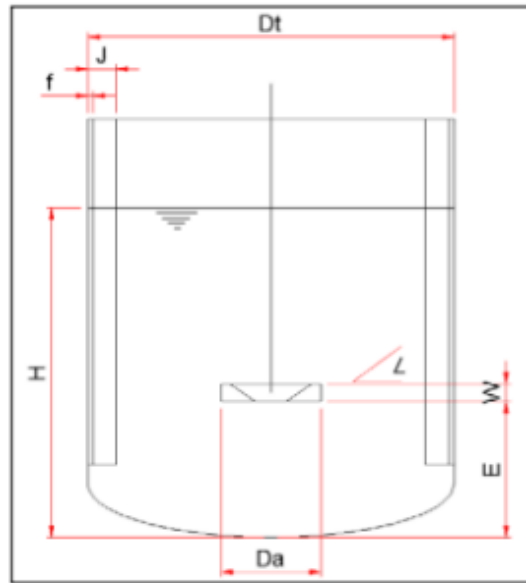
La capacidad de mezcla de un agitador tipo ancla con respecto a otros agitadores no es óptima y requiere de otro agitador de alta velocidad para trabajar en conjunto girando en sentido contrario, en comparación con uno de paletas que nos permitiera el giro y mezcla de manera axial y radial, obteniéndose mejores resultados.(Castillo, 2013, p.15)

➤ **Agitador de palas o de paletas.**

Operan a velocidades moderadas, es un agitador de flujo radial y axial. (McCabe, 1993). Se usan de 2 a 4 paletas que giran en eje vertical; ubicadas en el centro del tanque. Los agitadores de paletas giran a una velocidad comprendida entre 20 y 200 rpm. La longitud total del propulsor es del orden de 50 al 80% del diámetro interno del tanque. La anchura del agitador es de 1/6 a 1/10 de su longitud. (Geankoplis, 1998) Este tipo de agitación es utilizado en tanques de alimentación pequeños y medianos, se utiliza el rodete de palas planas verticales que producen movimientos tangenciales y radiales.

➤ **Ecuaciones de diseño para el agitador.**

Para realizar el diseño del agitador es necesario determinar ciertos parámetros entre los cuales tenemos: Número de Reynolds, diámetro del rodete, potencia del motor, altura del fluido en el tanque, longitud del brazo del agitador, distancia entre el fondo del tanque y la paleta de agitación.



*Dt*: Diámetro del tanque.  
*Da*: Diámetro del agitador.  
*E*: Altura del agitador desde el fondo del tanque.  
*J*: Ancho de la placa deflectora  
*H*: Altura del fluido  
*W*: ancho de la paleta  
*f*: espacio entre placa y estanque

**Figura 5-3:** Agitador tipo paletas planas

Fuente: CASTILLO, Vladimir, 2013. P. 30

**Tabla 15-3:** Semejanzas geométricas impulsor tipo palas planas

$\frac{W}{f} = 0,177$	$J/D_t = 0,1$
-----------------------	---------------

Fuente: CASTILLO, Vladimir. 2013. P.30

Realizado por: CHAVEZ. Marcelo 2018

➤ **Longitud del brazo agitador (Coker, 2001, p. 895):**

$$L_B = \frac{5}{8} d_i$$

**Dónde:**

$L_B$  : Longitud del brazo del agitador (m).

$d_i$  : Diámetro interno del reactor (m).

$$L_B = \frac{5}{8} 1,2 \text{ m}$$

$$L_B = 0,75 \text{ m}$$

➤ **Diámetro del eje (Coker, 2001, p. 895):**



$$E_R = \frac{1}{10} L_B$$

**Dónde:**

$E_R$  : Espesor del rodete (m).

$L_B$  : Longitud del brazo del agitador (m).

$$E_R = \frac{1}{10} (0,75 \text{ m})$$

$$E_R = 0,07 \text{ m}$$

➤ **Diámetro del rodete (Coker, 2001, p. 895):**

$$d_R = \frac{3}{4} d_i$$

**Dónde:**

$d_R$  : Diámetro del rodete (m).

$d_i$  : Diámetro interno del reactor (m).

$$d_R = \frac{3}{4} (1,2 \text{ m})$$

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

➤ **Distancia entre el fondo del tanque y del rodete (Coker, 2001, p. 895):**

$$E = h - L_B$$

**Dónde:**

$X$  = Distancia entre el fondo del tanque y el rodete (m).

$h$  = Altura del líquido (m). Para el cálculo de la altura del líquido se utiliza la ecuación 3 considerando el volumen de líquido a procesar.

$$E = (1,016 - 0,75) \text{ m}$$

$$E = 0,27 \text{ m}$$

➤ **Alto de la paleta (Coker, 2001, p. 895):**

$$A_P = \frac{1}{10} L_B$$

**Dónde:**

$A_P$  : Altura de la paleta (m).

$L_B$  : Longitud del brazo del agitador (m).

$$A_P = \frac{1}{10} (0,75 \text{ m})$$
$$A_P = 0,07 \text{ m}$$

➤ **Distancia entre paletas** (Coker, 2001, p. 895):

$$X_P = \frac{\frac{1}{2}L_B}{n}$$

**Dónde:**

$X_P$  : Distancia entre paletas (m).

$L_B$ : Longitud del brazo del agitador (m).

$n$  : Número de palas inclinadas del agitador.

$$X_P = \frac{0,375 \text{ m}}{3}$$
$$X_P = 0,13 \text{ m}$$

➤ **Utilización de placas deflectoras**

Son platinas planas verticales que se colocan radialmente en el interior del tanque de alimentación mejorando la mezcla del fluido.

De acuerdo al diámetro interno del tanque tenemos las especificaciones de ancho y espesor de los deflectores en la siguiente tabla:

**Tabla 16-3:** Dimensiones de las placas deflectoras (en mm).

Diámetro (mm)	J	f
100	8	2
200	16	4
300	24	6
400	32	8
500	40	10
600	48	12
800	64	16
1000	100	20
1200	110	24

1600	128	32
2000	160	40
2500	200	50
3000	240	60
4000	320	80
4500	360	90
5000	400	100
6000	480	120
7500	600	150
10000	800	200
12000	960	240

**Fuente:** Geankoplis, C. Proceso de transporte y Operaciones Unitarias, p 161.  
**Realizado por:** CHÁVEZ, Marcelo. ESPOCH 2018.

Se utilizarán 4 placas deflectoras de 45°. Para realizar el dimensionamiento de las placas deflectoras se utilizarán las semejanzas geométricas expuestas en la tabla 17-3.

➤ **Cálculo del ancho de la placa**

**Ecuación 1-3** Cálculo del ancho de la placa. (Castillo. 2013. P.30)

$$\frac{J}{D_t} = 0,1$$

$$J = 0,1 * D_t$$

$$J = 0,11m$$

➤ **Cálculo del espacio entre placa y tanque de alimentación.** (Castillo. 2013. P.30)

$$\frac{W}{f} = 0,177$$

$$f = \frac{W}{0,177}$$

$$f = 0,024 m$$

➤ **Cálculo del número del Reynolds** (McCabe, Smith y Harriot, 1998, p. 258)

$$N_{RE} = \frac{D_r^2 * N * \delta}{\mu}$$

**Dónde:**

$N_{RE}$ : Número de Reynolds (adimensional).

$D_r^2$ : Diámetro del rodete (m)<sup>2</sup>

$N$ : Número rotacional (rps).

$\delta$ : Densidad del fluido (Kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$ : Viscosidad del fluido (Kg/m\*s)

La velocidad rotacional de un agitador tipo paletas está comprendido entre 20 y 200 rpm, por lo que utilizaremos una velocidad de 90 rpm.

$$N_{RE} = \frac{(0,90m)^2 * 1,5 rps * 1044 \text{ kg/m}^3}{1,3131 \text{ kg/ms}}$$

$$N_{RE} = 966$$

Calculando el Número de Reynolds determinamos al tipo de flujo que corresponde:

Si el  $N_{RE} < 10$  corresponde a un flujo laminar.

$10 < N_{RE} < 10000$  el flujo es turbulento en el agitador y laminar en las partes más lejanas.

$N_{RE} > 10000$  es flujo turbulento. (Rockwell International Corporation, 2000; Benavides, 2014, p.109)

**Cálculo de la potencia del motor**

Con el Número de Reynolds calculado anteriormente, tenemos un valor de  $N_p = 4$  que encontramos en el **Anexo F** y reemplazamos en la siguiente fórmula. (Geankoplis, 1998, p. 262)

$$P = \frac{N_p * N^3 * D_r^5 * \delta}{g_c}$$

**Dónde:**

$N_p$ : Número de potencia (adimensional).

$N$ : Velocidad rotacional (rps).

$D_r$ : Diámetro del rodete (ft).

$\delta$ : Densidad lb/ft<sup>3</sup>

$g_c$ : Factor gravitacional 32,174 (lb/lb<sub>f</sub>\*s<sup>2</sup>) (Geankoplis, 1998, p. 7)

$$P = \frac{4 * 1,5^3 * 2,95^5 * 65,17}{32,17}$$

$$P = 80,72 \text{ ft} * \frac{\text{lb}}{\text{s}}$$

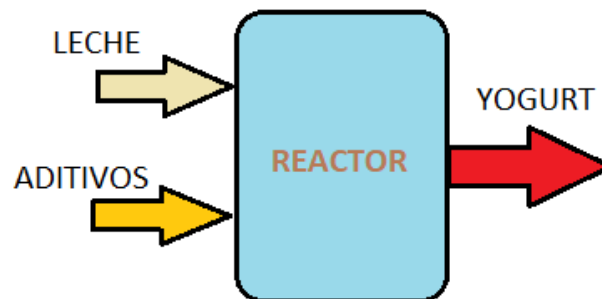
$$P = 0,15 \text{ Hp}$$

### 3.2.10. Balance de Masa y Energía:

#### 3.2.10.1 Balance de Masa:

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$\text{Masa de Alimentación} = \text{Masa de Producto}$$



$$\text{Masa de leche} + \text{Masa de aditivos} = \text{Masa de yogurt}$$

$$L + A = Y$$

$$\text{Alimentación} = \text{Salida de Productos}$$

$$F = Y$$

#### ➤ Cálculo de las densidades determinados a nivel de laboratorio

##### Densidad de la leche

Para calcular la densidad de la leche se determinó con la ayuda de una probeta que ocupó un volumen determinado.

##### Cálculo de la densidad de la leche

$$\delta_L = \frac{m}{V}$$

**Dónde:**

**$\delta$ :** Densidad de la leche (Kg/L).

**$m$ :** Masa de la leche medida experimentalmente en el laboratorio (Kg).

**$V$ :** Volumen de la leche medida experimentalmente en el laboratorio (L).

$$\delta_L = \frac{10,301 \text{ g}}{10 \text{ mL}} * \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}}$$

$$\delta_L = 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

**Cálculo de la densidad del yogurt**

Se determinó de la misma forma que la densidad del yogurt.

$$\delta_Y = \frac{10,441 \text{ g}}{10 \text{ mL}}$$

$$\delta_Y = 1,044 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

**Masa de la leche:**

$$M_{leche} = V_{leche} * \rho_{leche}$$

$$M_{leche} = 1000 \text{ L} * 1,03 \frac{\text{Kg}}{\text{L}}$$

$$M_{leche} = 1030 \text{ Kg}$$

**Masa de aditivos:**

$$M_{cultivo} + M_{conservante} + M_{espesante} + M_{azúcar} + M_{colorante} = \text{Masa de aditivos}$$

$$\text{Masa de aditivos} = 44 \text{ g} + 415 \text{ g} + 5000 \text{ g} + 5000 \text{ g} + 10000 \text{ g} + 250 \text{ g}$$

$$\text{Masa de aditivos} = 20\,709 \text{ g} = 20,709 \text{ Kg}$$

**Calculo de la masa de alimentación F:**

Al reactor tipo batch ingresará leche entera y una vez pasteurizada se agregará los aditivos:

$$F = \text{masa de la leche} + \text{masa de aditivos}$$

$$F = 1050,71 \text{ Kg}$$

**Cálculo de la masa del yogurt:**

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

$$\text{Masa de Alimentación} = \text{Masa de Producto}$$

Las pérdidas por evaporación durante la pasteurización de la leche dentro del reactor son ínfimas ya que se utilizará una temperatura de pasteurización inferior a la temperatura de ebullición de la leche, por lo tanto, la masa del producto no variará significativamente.

**Masa del yogurt (Y):**

$$Y = 1050,71 \text{ Kg}$$

Debemos tomar en cuenta que a la salida del reactor existirá acumulación dentro del equipo lo que disminuirá la cantidad del producto.

*3.2.10.2 Balance de energía*

El balance de masa se basa en la “Ley de la conservación de la energía” (Primera Ley de la Termodinámica) establece que “La energía no se crea ni se destruye únicamente se transforma”, nos permite determinar las cantidades de energía que se intercambia y acumula dentro del sistema. (Procesosbio, 2017).

- Las correlaciones de transferencia de calor para soluciones agitadas en el interior de un recipiente y las paredes de la chaqueta vienen dadas por:

$$\frac{U\phi}{K} = a(N_{Re})^b * (N_{Pr})^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m \text{ (Incropera Frank P., 1999, p. 596):}$$

$$N_{Re} = \frac{\phi_r^2 * N * \rho}{\mu} \text{ (Incropera Frank P., 1999, p. 596):}$$

$$N_{Pr} = \frac{C_P * \mu}{K} \text{ (Incropera Frank P., 1999, p. 596):}$$

**Donde:**

**U:** Coeficiente de Transferencia de calor (J / s m<sup>2</sup> K)

$\emptyset$  : Diámetro Interno del Tanque (m)

$k$  : Conductividad térmica (J / sm K)

$N_{re}$  : Número de Reynolds

$\emptyset_r$  : Diámetro del agitador (m)

$N$  : Velocidad Rotacional (rpm)

$\rho$  : densidad del fluido (kg / m<sup>3</sup>)

$\mu$  : viscosidad del Fluido (Pa.s)

$N_p$  : Número de Prandtl

$C_p$  : Capacidad Calorífica (J / kg K)

$\mu_w$  : Viscosidad del fluido a temperatura de la pared (Pa.s)

$a, b, m$  : Constantes según el tipo de agitador.

➤ **Cálculo del número de Reynolds:**

$$N_{Re} = \frac{\emptyset_r^2 * N * \rho}{\mu}$$
$$N_{Re} = \frac{(0.9 \text{ m})^2 * 1,5 \frac{rev}{s} * 1044 \text{ kg/m}^3}{1,3 \text{ kg/ms}}$$

$$N_{Re} = 966$$

- **Calculo del número de Prandtl:**

$$N_{Pr} = \frac{C_p * \mu}{K}$$

El  $C_p$  de la leche entera es: 3,89 J / Kg °C

La conductividad térmica del acero inoxidable (K) es: 16,3 W/m°C

$$N_{Pr} = \frac{(3,89 \text{ J / Kg } ^\circ\text{C}) * 1,3 \text{ kg/ms}}{16,3 \text{ W/m}^\circ\text{C}}$$

$$N_{Pr} = 0,31$$

Reemplazamos en la formula con los valores de a, b, m correspondientes al agitador:

$a$ : 0,74,  $b = 2/3$ ,  $m = 0,14$ .

$\mu$ : 1,31 Pas



$\mu_w: 1,1 \text{ Pas}$

$$\frac{U\phi}{K} = a(N_{Re})^b * (N_{Pr})^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^m$$

$$\frac{U(1,2m)}{16,3 \text{ W/m}^2\text{C}} = 0,74 (966)^{\frac{2}{3}} * (0,31)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{1,31 \text{ Pas}}{1,1 \text{ Pas}}\right)^{0,14}$$

$$U = 681,24 \frac{W}{m^2\text{C}}$$

➤ **Cálculo de la media logarítmica de temperatura** (Incropera Frank P., 1999, p. 590):

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

$$\Delta T_1 = 96 - 20 = 76 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 80 - 43 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$MLDT = \frac{37 - 76}{\ln \frac{37}{76}}$$

$$MLDT = 54,2 \text{ KW}$$

➤ **Cálculo del flujo de calor** (Geankoplis, 1998, p. 553)

Para determinar la cantidad de calor necesario suministrado por el vapor para elevar la temperatura de la leche de 20°C a 80°C es necesario analizar el área de sección transversal en forma de cilindro de nuestro reactor y la base están conectados a una camisa o chaqueta de 4 mm de espesor, la misma que contiene el vapor que sale a 96°C de la caldera a 10 PSI.

$$Q = U * A * MLDT. \text{ (Incropera Frank P., 1999, p. 590):}$$

Para el área lateral del reactor:  $A = 2 * \pi * r * h$

$$Q = U * 2 * \pi * r * h * MLDT$$

$$Q = 681,24 \frac{W}{m^2\text{C}} * 2 * \pi * 0,6m * 1,016 m * 54,2 \text{ }^\circ\text{C} * \frac{1 \text{ KW}}{1000 W}$$

$$Q = 141,42 \text{ KW}$$

Para la base del reactor  $A = \pi r^2$

$$Q = U * \pi * r^2 * MLDT$$

$$Q = 681,24 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * (0,6m)^2 * \pi * 54,2 \text{ } ^\circ C * \frac{1 KW}{1000 W}$$

$$Q = 41,76 KW$$

Sumando los calores:

$$Q = (141,42 + 41,76) KW$$

$$Q = 183,2 KW$$

Este es el calor necesario para pasteurizar la leche por lo tanto es el calor transferido por parte del vapor.

➤ **Calculo de la masa de vapor necesario:**

Utilizando el valor del calor Q, determinamos el flujo másico de vapor necesario, con un valor de Cp del vapor de 4211 KJ/Kg°C, considerando que al existir un cambio de fase dentro de la camisa del reactor la temperatura del agua permanece constante:

$$Q_{ganado} = Q_{cedido} = m * C_p * \Delta T$$

$$m = \frac{Q}{C_p * \Delta T}$$

$$m = \frac{183,2 KW}{4211 \frac{KJ}{Kg} \cdot ^\circ C * (96 - 20) \cdot ^\circ C}$$

$$\dot{m} = 0,4 \frac{kg}{s} = 159,26 \frac{Kg}{h}$$

$$W = \frac{\dot{m}}{\rho} = \frac{159,26 \frac{Kg}{h}}{998,29 \frac{kg}{m^3}} = 0,16 \frac{m^3}{h} * \frac{1000 L}{1 m^3}$$

$$W = 160 \frac{L}{h}$$

➤ **Calculo de la cantidad de agua que debe ser añadida para alcanzar la temperatura de fermentación:**

Para optimizar el proceso de elaboración de yogurt es necesario alcanzar la temperatura de fermentación de 43°C añadiendo agua a temperatura ambiente:

- El Cp vapor a 96°C al momento de que ocurra el cambio de fase dentro de la chaqueta es:  
4211  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}^{\circ}\text{C}$
- El Cp del agua a 20°C es: 4182  $\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}^{\circ}\text{C}$ .

$$M_{96C} Cp_{96C} (T_{96} - T_{eq}) = M_{20C} Cp_{20C} (T_{eq} - T_{20})$$

$$18,34 \frac{\text{L}}{\text{h}} * 4211 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (96 - 43)^{\circ}\text{C} = M_{20C} * 4182 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}^{\circ}\text{C}} (43 - 20)^{\circ}\text{C}$$

$$M_{20C} = \frac{18,34 * 4211 * 53}{4182 * 23}$$

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho}$$

$$\dot{V} = 42,55 \frac{\text{L}}{\text{h}}$$

- **Cálculo del rendimiento del proceso.**

Por pérdidas de acumulación dentro del tanque o reactor asumidas como un 10%, tenemos:

$$R = \frac{F}{Y} * 100$$

**Dónde:**

**R:** Rendimiento del equipo

$$R = \frac{1050,71}{965,64} * 100$$

$$R = 90 \%$$

Al realizar el balance de energía se indica la cantidad de vapor que se utiliza en el reactor.

**Tabla 17-3:** Balance global de masa y energía

BALANCES	VARIABLES	SÍMBOLO	VALOR	UNIDAD
Balance de Masa	Corriente de Alimentación	F	1050,71	Kg
	Corriente de Salida	Y	965,64	Kg
Balance de Energía	Flujo de calor	Q	183,2	KW
	Coeficiente Global de Transferencia de Calor	U	681,24	J/s*m <sup>2</sup> *C
	Flujo de Vapor	W	160	L/h
Rendimiento de la Fermentación		R	90	%

Realizado por: CHAVEZ; Marcelo. 2018

Al realizarse los balances de masa y energía expuesta en la tabla de resultados superior describiendo así a un reactor batch, permitiendo al operario determinar ciertas variables entre las cuales tenemos: flujos de alimentación y producto, flujos de vapor, entalpías, velocidades de transferencia de calor, coeficientes, conductividades térmicas, gradientes de temperaturas, entre otras.

### 3.3. Proceso de Producción

El proceso de producción propuesto será desarrollado por la empresa quesera “Doña Isabelita” para quien se realizó el presente proyecto. El tipo de producción de acuerdo a la empresa y producto a obtener va a ser una producción tipo Batch dado que toda la materia prima que ingresa con la formulación adecuada será tomada para un mismo lote de producción y así se continuará hasta terminar la capacidad diaria de producción que se proponga la empresa.

#### 3.3.1. *Materia prima, Insumos y Aditivos.*

Para la elaboración de yogurt a nivel industrial:

**Tabla 18-3:** Materia Prima

Materia Prima	Cantidad
Leche	1000 Lt

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2018.

**Tabla 19-3:** Datos obtenidos en el laboratorio para formulación de yogurt.

ADITIVOS	VOLUMEN A PREPARAR	
	2 LITROS	1000 LITROS
Cultivo YOMIX	0,088 g	44 g
Sorbato de Potasio.	0,83 g	415 g
Leche en Polvo	10 g	5000 g
Gelatina sin sabor	10 g	5000 g
Azúcar	20 g	10000 g
Colorante	0,5 g	250 g

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. Espoch 2017.

Para la adición de conservante en este caso Sorbato de potasio de acuerdo a la norma el producto debe contener 5% en peso con esa relación se realizó el cálculo para nuestro yogurt.

### 3.3.2. *Procedimiento para elegir el fermento adecuado para nuestro proyecto*

Para poder realizar este proyecto y producto para la quesera doña Isabelita se utilizó tres tipos distintos de productos o cultivos existentes en el mercado destinado para la elaboración de yogurt, para analizar la aceptación de los tres tipos de yogures mediante el criterio de la población.

Los tres productos existentes que se adquirió, poseen las bacterias ácido lácticas BAL, encargadas de la transformación de la lactosa en ácido láctico, como son Streptococcus y Lactobacillus, este cultivo encargado de la producción de yogurt natural, es comercializado por distintas empresas e influyen en la consistencia, densidad, acidez, entre otras características en los yogures.

### 3.3.3. *Operaciones Unitarias para la obtención de yogurt.*

A continuación, se describen las operaciones unitarias que constituyen el proceso de elaboración de yogurt, siendo las más importantes la pasteurización y la fermentación (McCabe, y otros, 2007)

#### ➤ **Filtración:**

Es la primera operación luego de la recepción de la materia prima, su ejecución nos ayuda a eliminar la suciedad es decir los sólidos flotantes, presentes en la leche (McCabe, y otros, 2007).

#### ➤ **Pasteurización:**

A la temperatura de 85°C durante 10 minutos, se logra eliminar gérmenes patógenos que estén presentes en la leche. Así se logra detener reacciones enzimáticas, se destruye las lipasas y se inhibe la actividad de las fosfatasas alcalinas.

Por último, las pasteurizaciones no afectan o afectan poco a las vitaminas (McCabe, y otros, 2007).

➤ **Mezclado:**

Esta es la operación unitaria en la que se agrega los aditivos, cabe recalcar que durante todo el proceso está presente el giro axial y radial de las paletas planas, además que se adiciona a la temperatura de pasteurización para facilitar la solubilidad (McCabe, y otros, 2007).

➤ **Fermentación:**

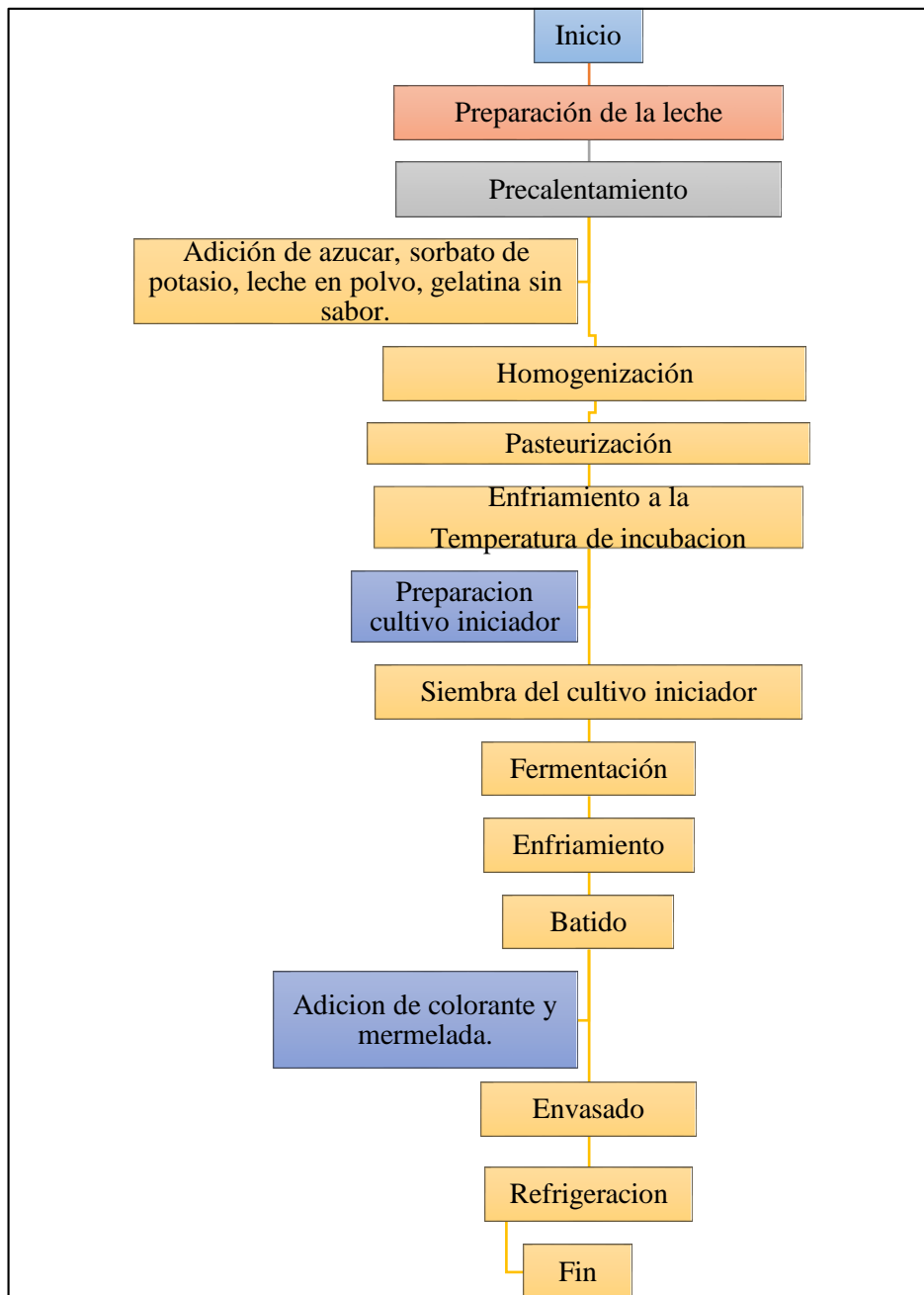
La fermentación es la operación unitaria primordial, que consiste en agregar el cultivo que genera el ácido láctico, este se adiciona a la temperatura óptima de 43°C para activar su función fermentativa. El indicativo para detener la operación es el valor de 4,6 de Ph o inferior a este valor de una muestra del tanque fermentador. Luego se añade el colorante y la mermelada de la fruta con la que se desee saborizar (McCabe, y otros, 2007).

➤ **Envasado:**

Se utiliza esta operación con el fin de contener y mantener el producto a salvo de la contaminación ambiental como los microorganismos, evitando así alteraciones sensoriales del producto y protegiendo la salud de quien lo consuma (McCabe, y otros, 2007).

#### 3.3.4. *Diagrama del Proceso:*

El siguiente diagrama de flujo presenta las operaciones involucradas en el proceso industrial para la elaboración de yogurt.



**Figura 6-3:** Diagrama de flujo de la elaboración de yogurt.

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

### 3.3.5. Descripción del proceso de elaboración de Yogurt

Para elaborar 1000 litros de yogurt distribuidos en envases de 250 mililitros, se sigue el siguiente procedimiento con sus respectivas operaciones unitarias (Ward, 1991):

- **Recepción de la materia prima:** inicialmente se receipta la materia prima base como es la leche (Ward, 1991).

- **Filtración:** Es la primera operación luego de la recepción de la materia prima, mediante un filtro de nylon que nos ayuda a eliminar la suciedad es decir los sólidos flotantes, presentes en la leche (Ward, 1991).
- **Pasteurización:** dentro del tanque o reactor en el que se encuentra la materia prima se ejecuta esta operación mediante el calor proveniente del vapor saturado que sale de la caldera a 10 PSI y que circula por la chaqueta o camisa del tanque.  
 En el momento que alcance la temperatura de 85°C se mantiene durante 10 minutos la pasteurización (Ward, 1991).
- **Mezclado:** Esta es la operación unitaria en la que se agrega los aditivos, cabe recalcar que durante todo el proceso está presente el giro axial y radial de las paletas planas, además que se adiciona a la temperatura de pasteurización para facilitar la solubilidad (Ward, 1991).
- **Enfriamiento:** Una vez alcanzado los 85°C se interrumpe el ingreso del vapor saturado y se suministra agua fría a la chaqueta hasta que llegue a la temperatura de 43°C para facilitar la siguiente operación (Ward, 1991).
- **Fermentación:** Es la operación unitaria primordial, que consiste en agregar el cultivo que genera el ácido láctico, este se adiciona a la temperatura óptima de 43°C para activar su función fermentativa (Ward, 1991).
- **Calentamiento:** Para que el proceso de fermentación se ejecute es necesario mantener los 43°C dentro del tanque y eso se lograra con el suministro de vapor nuevamente durante 6 horas dado que es el tiempo óptimo de fermentación. Además, el indicativo para detener la operación se relaciona con el valor de Ph de 4,6 o inferior a este valor de una muestra del tanque fermentador (Ward, 1991).
- **Enfriamiento:** Una vez alcanzado el valor de 4,6 de Ph se interrumpe el ingreso del vapor saturado y se suministra agua fría a la chaqueta hasta que llegue a temperatura ambiente para facilitar la siguiente operación. Luego se añade el colorante y la mermelada de la fruta con la que se desee saborizar (Ward, 1991).
- **Envasado:** Se realiza un llenado de tipo manual a temperatura ambiente, logrando que el producto alcance el cuello del envase que representa el 90% del llenado como dicta la norma (Ward, 1991).  
 Se utiliza esta operación con el fin de contener y mantener el producto libre de alteraciones en las características sensoriales del yogurt, protegiendo la salud de quien lo consume (Ward, 1991).  
 Se utilizan recipientes de plásticos con cierre hermético (Ward, 1991).
- **Etiquetado:** El producto final a temperatura ambiente, y terminada esta operación inmediatamente se procederá a realizar el etiquetado manual de los envases que contienen el yogurt (Ward, 1991).



### 3.3.6. *Distribución y diseño de la Planta*

A continuación, se describen las áreas en las que estará distribuida la planta según su función, la misma cuenta con una superficie de terreno de 400 m<sup>2</sup>. (Asitimbay, 2017)

**Área de Recepción de Materia Prima.** - Es el área en donde se receipta la materia prima, aquí además se realiza una filtración para evitar suciedad y solidos flotantes. (Asitimbay, 2017)

**Área de Pasteurización.** - La materia prima es sometida a la acción del calor proveniente del vapor saturado que se encuentra en la camisa o chaqueta, mismo que sale de la caldera que se encuentra a 10 PSI. (Asitimbay, 2017)

Para que se de esta operación la leche debe alcanzar los 85°C y permanecer durante 10 minutos con esta temperatura. (Asitimbay, 2017)

**Área de Producción.** - con la materia prima pasteurizada se da inicio a la elaboración de yogurt adicionando en la cumbre de la pasteurización azúcar, leche en polvo, gelatina sin sabor, con la finalidad de una óptima solubilidad de los insumos. (Asitimbay, 2017)

Luego de un momentáneo enfriamiento se procede a activar el cultivo con la leche del reactor que se encontrara a la temperatura optima de fermentación como lo son los 43°C y se agrega a toda la leche que se encuentra dentro del reactor. (Asitimbay, 2017)

Pasado las 6 horas o menos todo de acuerdo al pH del yogurt se procede a un enfriamiento definitivo para endulzarlo, agregarle mermelada de la fruta con la que se desee saborizar, se adiciona colorante natural de ser necesario. (Asitimbay, 2017)

**Área de Producto terminado y etiquetado.** - esta área debe encontrarse en condiciones cómodas que permitan, faciliten el envasado y etiquetado, ya que se realiza de forma manual. (Asitimbay, 2017)

**Cámaras de Enfriamiento.** - esta debe mantenerse en condiciones óptimas de higiene para su operación, allí se guardan los productos terminados a temperatura de 4°C previos a su salida al mercado. (Asitimbay, 2017)

**Oficinas.** - Es en donde se controlan las funciones administrativas, de contabilidad y gerencia de la quesera “Doña Isabelita”. (Asitimbay, 2017).

### 3.4. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.

#### Materiales

La industria alimentaria asegura la inocuidad de sus productos, mediante las buenas prácticas de manufactura durante su proceso, por eso es necesario utilizar el tipo de material adecuado para su producción, durante este proceso el alimento está en contacto directo y es importante que no se desprenda sustancias nocivas que alteren las características organolépticas, asegurando así la calidad del producto durante su proceso hasta el consumo final. El material que cumple con las características de preservar la calidad de los alimentos es el acero inoxidable.

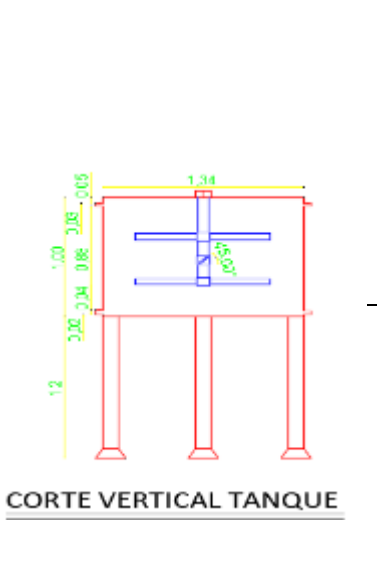
#### Acero Inoxidable AISI 304

Conocidos como austénicos, es una aleación de cromo (18%), níquel (8%). Presentan una alta resistencia a la corrosión en una gran variedad de condiciones de oxidación y reducción moderadas. (Armagard. 2014). Tienen una presencia vital en la industria de alimentos, debido a sus características brinda la seguridad en la calidad durante el proceso de producción hasta su destino.

El diseño del reactor tipo batch se lo realizara de acuerdo a las dimensiones ya calculadas mediante fórmulas que pueden ser verificadas en el anexo A, que se las presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 20 -3:** Dimensionamiento del reactor tipo batch.

Dimensionamiento	Fórmula	Unidades	Valor
Radio del reactor	$r_R = \frac{d_i}{2}$	m	0,6
Volumen del reactor	$V_R = V * 1,15$	L	1150
Altura del reactor	$h_R = \frac{V_R}{\pi r^2}$	m	1
Longitud del brazo agitador	$L_B = \frac{5}{8} d_i$	m	0,75
Diámetro del rodete	$d_R = \frac{3}{4} d_i$	m	0,9
Espesor del rodete	$E_R = \frac{1}{10} L_B$	m	0,07



**CORTE VERTICAL TANQUE**

Distancia entre el fondo del tanque y del rodete	$E = h - L_B$	m	0,27	
Alto de la paleta	$A_P = \frac{1}{10} L_B$	m	0,07	
Distancia entre paletas	$X_P = \frac{1}{2} \frac{L_B}{n}$	m	0,13	
Ancho del deflector	$\frac{J}{D_t} = 0,1$	m	0,11	
Espesor del deflector	$\frac{W}{f} = 0,177$	m	0,02	

Fuente: Chávez Marcelo, 2017.

### 3.5. Análisis de costo / beneficio del proyecto.

Para el análisis económico del proyecto es necesario determinar la inversión para la construcción del equipo mediante proforma de un centro de construcciones metálicas, el sueldo del operario, el precio de los insumos, el costo del consumo energético.

#### ➤ Costos directos:

Los costos directos de fabricación son todos aquellos que están relacionados directamente con el volumen de producción, así se puede verificar el valor del equipo en la proforma localizada en el anexo J.

**Tabla 20-3:** Mano de Obra Directa

Determinación de Recursos Humanos	
Concepto	Total
Sueldo del operario	386

Fuente: (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2018)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

**Tabla 21-3:** Recursos Materiales

Determinación de Recursos Materiales	
Concepto	Total
Construcción del equipo	4300

Fuente: (Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2018)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

#### Costo de producción por lote:

El yogurt tendrá una presentación de dos litros.

**Tabla 23-3:** Materia prima e insumos

<b>Yogurt de Fresa</b>	<b>Producción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total \$</b>
Leche (L)	1000	0,45	450
Cultivo YOMIX (sobre)	10	5	50
Sorbato de Potasio (kg).	0,415	4	1,66
Leche en Polvo (kg)	5	10	50
Gelatina sin sabor (kg)	5	27	135
Azúcar (kg)	10	1	10
Colorante (kg)	0,25	9	2,25
		Sumatoria	698,91
	Imprevistos 10 (%)		69,89
		<b>Total</b>	<b>768,80</b>
<b>Total mensual Producción una vez por semana.</b>			<b>3075,20</b>

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

### Costos Adicionales – Envases

**Tabla 22-3:** Costos Adicionales – Envases

<b>Capacidad</b>	<b>Cantidad Mensual</b>	<b>Valor Unitario (\$)</b>	<b>Valor Total (\$)</b>
2 (L)	2000	0,40	800

Fuente: (Rivera, y otros, 2010)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

## Relación de equipos y materiales

**Tabla 23-3:** Relación de equipos y materiales

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
Balanza Analítica	1	200	200
pH METRO	1	70	70
Termómetro	1	15	15
Mesa de acero inoxidable	1	550	550
		<b>TOTAL</b>	<b>835</b>

Fuente: (Rivera, y otros, 2010)

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

## Total de Costos Directos:

**Tabla 24-3:** Costos Directos de Producción

	Mensual (\$)	Anual (\$)
Mano de obra	386,00	4632,00
Materia Prima	3075,20	36902,40
Envases	800,00	9600,00
<b>Costo de producción</b>	<b>4261,20</b>	<b>51134,40</b>

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

- **Costos Indirectos de Fabricación:** Los costos indirectos de fabricación son todos aquellos que no están relacionados directamente con el volumen de producción.
- **Cálculo del consumo energético del motor:** El tiempo en horas para elaboración será un estimado de: 8 horas.

Para un motor de 0,5 HP = 0,373 KW

Precio del kWh= 0,10 \$

$$\text{Precio de Operacion} = 0,373 \text{ KW} * 8 \frac{h}{\text{dia}}$$

$$\text{Precio de Operacion} = 2,98 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}} = 3 \frac{\text{kWh}}{\text{dia}}$$

$$\text{Precio de Operacion} = 3 \frac{\text{KWh}}{\text{da}} * 0,1 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

$$\text{Precio de Operacion} = 0,3 \frac{\$}{\text{dia}}$$

**Tabla 25-3:** Costos Indirectos – Depreciación.

Equipo	Cantidad	Costo US\$	Vida Útil años	Depreciación	
				Annual US\$	Mensual US\$
Reactor	1	4300	10	430	35,83
Balanza Analítica	1	200	10	20	1,67
pH METRO	1	70	8	8,75	0,73
Termómetro	1	15	3	5	0,42
Mesas de acero inoxidable	1	550	8	68,75	5,73
			<b>TOTAL</b>	<b>532,50</b>	<b>44,38</b>

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

**Tabla 26-3:** Costos Adicionales

<b>COSTOS ADICIONALES DE FABRICACIÓN</b>			
Mantenimiento semestral	\$ 150		
<b>COSTOS ENERGETICOS</b>	Diario	Mensual	Annual
Energía requerida por el motor	\$ 0,3	\$ 1,20	\$ 2,40
Combustible	\$ 10	\$ 40	\$ 480
<b>Total de costos energéticos</b>	\$ 10,3	\$ 41,30	\$ 482,40
<b>CONSUMO DE AGUA</b>			
Costo de agua consumida mensual	\$ 50		

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

**Tabla 27-3:** Costos totales indirectos

	Mensual \$	Annual \$
Depreciación	8,55	102,50
Mantenimiento	25,00	300,00
Costo de Agua consumida	50,00	600,00
Costo Energético	41,30	482,40
<b>Total (\$)</b>	<b>124,85</b>	<b>1484,90</b>

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

➤ **Balance general de costos:**

**Tabla 28-3:** Costos Totales de Producción

	<b>Mensual</b>	<b>Anual</b>
Costos directos o Variables	4261,20	51134,40
Costos Indirectos o Fijos	124,85	1484,90
<b>Total (\$)</b>	<b>4386,05</b>	<b>52619,30</b>

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

➤ **Costo Variable Unitario de Producción**

Se estima realizar 2000 unidades de yogurt con una utilidad de 67%.

Ecuación 2-3 Costo Unitario de producción (Coronado, 2001)

$$\text{Costo Unitario} = \frac{\text{Costo de Producción}}{\text{Producción mensual}}$$

$$\text{Costo Unitario} = \frac{4653,75}{2000}$$

$$\text{Costo Unitario (\$)} = 2,33 + \% \text{ de utilidad}$$

$$\text{Costo Unitario (\$)} = 2,33 + 0,67$$

Si la empresa quesera Doña Isabelita vende a 3\$ cada envase, existe una ganancia de 0,67 ctvs., por cada yogurt.

**Punto de equilibrio** (Coronado, 2001)

El punto de equilibrio nos permite determinar la cantidad de frascos que se debe vender para cubrir los costos fijos de producción. Debe superar la cantidad de frascos para que exista ganancia caso contrario la empresa perderá la inversión económica.

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costo Fijo}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo Variable Unitario}}$$

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{124,85}{3 - 2,3}$$

*Punto de Equilibrio* = 186,34 Unidades por mes



### 3.6. Cronograma de ejecución del proyecto.

Realizado por: CHAVEZ, Marcelo. 2018

ACTIVIDAD	TIEMPO DE EJECUCION																									
	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Recopilación de la información bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Determinación de operaciones unitarias							■	■	■																	
Encontrar las variables del proceso									■	■	■															
Cálculos de Ingeniería													■	■	■	■										
Validar el diseño															■	■	■									
Análisis físico-químico y microbiológico del yogurt																	■	■	■							
Tipiado de borradores																					■	■				
Corrección del trabajo final																							■			
Empastado del trabajo final																									■	
Auditoría académica																										■
Defensa del Proyecto																										■

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Efectuada la caracterización fisicoquímica de la materia prima se obtienen los resultados siguientes Densidad: 1,028 g/mL; Grasa 1.7 %; Acidez: 0,126 mg / 100 g ac. Láctico; SST: 90.5 %; Proteína. 2,82 %; Reductasa: 6 horas, mientras que, en la caracterización microbiológica se obtiene: Antibióticos: Negativo; *E. Coli*: Ausencia; Coliformes totales: 10 UFC/ml; así decimos que la materia prima a usar da cumplimiento a los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por la norma nacional para leche cruda en los rangos permitidos, siendo apta para su procesamiento a fin de obtener yogurt.

Por condiciones de operación del caldero a 10 PSI y una temperatura de agua líquida saturada de 96°C que posee la empresa quesera Doña Isabelita se realiza la pasteurización VAT a 85°C durante 30 min.

Para obtener uniformidad en la viscosidad del yogurt además de un buen mezclado de los componentes es necesario una agitación mediante un flujo axial y radial proporcionado por un agitador de paletas planas e inclinadas a 45° con 90 rpm, ya que se trata de yogurt batido.

Para determinar de manera experimental la temperatura óptima de fermentación se realizó pruebas a diversas temperaturas teniendo en cuenta las temperaturas de activación de ambas BALs encargadas de transformar la lactosa en ácido láctico característico del yogurt, para el *Streptococcus thermophilus* la temperatura de activación es de 35°C, en cambio para el *Lactobacillus bulgaricus* la temperatura de activación es de 45°C, sin embargo al realizar la fermentación en la incubadora automática a 35°C los valores de pH tomados continuamente no disminuían considerablemente, luego pasado el transcurso de 8 h se observó sinéresis en el producto, por lo que se procedió a experimentar con 45°C obteniéndose mejores resultados; partiendo de este valor de temperatura se decidió realizar dos pruebas más disminuyendo y aumentando 2°C para cada prueba respectivamente .

Al momento de aumentar la temperatura a 47°C el tiempo de fermentación aumentó, por lo que no se realizó más pruebas con aumento de temperatura.

En cambio, al disminuir la temperatura a 43°C se obtuvo una fermentación en un tiempo menor por lo que partiendo de ese valor se disminuyó 2°C nuevamente con la finalidad de obtener mejores resultados.

A la temperatura de 41°C no disminuyó el tiempo de fermentación como se esperaba, por lo que se concluyó que el tiempo óptimo de fermentación es de 43°C siendo este valor nuestra variable de control, además de un pH de 4 en un tiempo de 6h.

Para elaborar el nuevo producto que expenderá la quesera doña Isabelita, se realizaron distintas pruebas de laboratorio con tres tipos distintos de fermentos o cultivos de bacterias ácido lácticas de distintas casas comerciales, con la finalidad de obtener caracteres y propiedades propias de yogurt con cada cultivo, buscando la mejor aceptación popular para su comercialización futura.

Las tres casas comerciales expenden el cultivo compuesto de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. Thermophilus* en presentación liofilizada previamente congelada, para que no exista mayor afectación de las BAL al ser expuestas al medio.

Si en caso el parámetro de acidez estuviere fuera de norma, la k-caseína precipitaría formándose coágulos en la materia prima impidiendo la acción de las bacterias ácido lácticas.

Si existiera presencia de antibióticos en la leche impidiera la transformación de la lactosa en ácido láctico por medio de las BAL, pues el medio resultare nocivo para su desarrollo.

Una vez realizado el yogurt con los fermentos de distintas casas comerciales, se procedió a realizar una encuesta a la población de San Gerardo y a su inmediata población consumidora, la ciudad de Riobamba sector San Alfonso, para escoger un solo fermento para la posterior formulación del producto. Los resultados de la encuesta nos indican que el yogurt mejor aceptado es el preparado con el fermento YOMIX.

Para nuestra validación técnica se realizó el control y análisis del producto terminado obteniéndose los siguientes resultados; proteína 2,72%, grasa 3,76%, pH 3,79. A nivel microbiológico no presenta Coliformes totales, la suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para yogurt de  $1,4 \times 10^5$  cumpliendo con la norma 2395:2011 para leches fermentadas.

## CONCLUSIONES:

- Para el presente trabajo de titulación se inició con una simulación a nivel de laboratorio para elaborar yogurt previo al diseño del reactor tipo batch, teniendo en consideración que los parámetros de calidad de la materia prima cumplen con la norma INEN 23:95 vigente para leche cruda, posteriormente se finalizó con la simulación ya que se obtuvo un yogurt que cumple con los parámetros de la norma NTE INEN 23:95.
- Para el diseño del reactor tipo batch para elaborar yogurt en la quesera doña Isabelita se realizó una simulación a nivel de laboratorio de donde se obtuvo variables que nos permitieron diseñar el equipo, tomando como base 1000 L de leche a procesar, la temperatura de fermentación 43°C, Tiempo de Fermentación 6 horas, pH de yogurt 4.
- El diseño del reactor tipo batch para la elaboración de yogurt constó de las siguientes etapas; determinación de variables de proceso y punto de control, cálculos de ingeniería y dimensionamiento del equipo y finalmente presupuesto económico de construcción del reactor.
- Para nuestra validación técnica del producto terminado se analizaron los parámetros del yogurt, cumpliendo con la norma vigente NTE INEN 23:95 y la validación económica se sustentó realizó mediante una proforma otorgada por la empresa de construcciones de equipos y estructuras metálicas ELITE.

## **RECOMENDACIONES:**

- Activar de una manera eficaz el cultivo con una pequeña cantidad de leche ya pasteurizada a una temperatura de 43 °C para optimizar la producción de ácido láctico.
- Capacitar a todo el personal de la empresa acerca del uso, mantenimiento del equipo, el procedimiento para la realización del producto y sobre el uso de aditivos.
- Realizar análisis continuos de la materia prima para verificar su cumplimiento con la norma.

## BIBLIOGRAFÍA

**Aditivos Alimentarios. E-330 Ácido Cítrico.** [En línea] 2017.[Consulta: 13 - Abril - 2017].

Disponible en: <http://www.aditivos-alimentarios.com/2014/01/e330-acido-citrico.html>.

**Aditivos Alimentarios. E-330 Ácido Ascórbico.** [En línea] 2017.[Consulta: 13 - Abril - 2017].

Disponible en: <http://www.aditivos-alimentarios.com/search?q=acido+ascorbico>

**Aditivos Alimentarios. E-202 Sorbato de Potasio.** [En línea] 2017 .[Consulta: 13 – Abril - 2017].

Disponible en: <http://www.aditivos-alimentarios.com/search?q=sorbato+de+potasio>

**Aditivos Alimentarios. E-211 Benzoato de Sodio.** [En línea] 2017. [Consulta: 13 - Abril - 2017].

Disponible en: <http://www.aditivos-alimentarios.com/search?q=benzoato+de+sodio>

**Apuntes Científicos. Evaluación Sensorial.** [En línea] 2012 . [Consulta: 29 - Abril - 2017].

Disponible en: <http://apuntescientificos.org/discriminativas.html>.

**Bedolla, Salvador; Et Al. Introducción a la Tecnología de Alimentos.** Instituto Politécnico Nacional. México: Limusa, 2004. pp.70-72

**Carrillo, María Luisa & Reyes, Abigail.** “Vida útil de los alimentos” *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, 2013. pp.7-4

**Castillo, Vladimir.** Universidad del Bio Bio. *Diseño y cálculo de un agitador de fluidos.* [En línea] Octubre de 2013. [Citado el: 14 de Septiembre de 2017.]

[http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo\\_Uribe\\_Vladimir.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf).

**Coker, Kayode.** *Ludwig's applied process design for chemical and petrochemical plants.*

Fourth. Boston : Elsevier Inc, 2007. Vol. I.

**Espinosa Manfugás, Julia C.** *Evaluación Sensorial de los Alimentos.* La Habana-Cuba: Ed.

Universitaria, 2007. pp.40,81

**Geankoplis, J. 1991.** *Procesos de transporte y Operaciones Unitarias*. México: Editorial Continental S.A., 1991. p.321

**Google, Maps.** *Google Maps*. [En línea] 2017. [Consulta: 10 - Abril - 2017].

Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/San+Gerardo/@-1.7115841,-78.6429175,180m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d3a9e55f041bb3:0xf73acddc9d92f03!8m2!3d-1.709009!4d-78.6456989?hl=es-419>.

**Incropera, Frank.** *Fundamentos de Transferencia de Calor*. España: Pearson, 2013. p.53

**Juliarena, Paula. & Gratton, Roberto.** *Conservación de los alimentos*. [En línea] 2017 p.1 [Consulta: 13 - Abril - 2017].

Disponible en: <http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/tecnoambiente/CAP03.pdf>.

**Mas Musculo.** *Los reguladores de acidez y el ph de los alimentos*. [Blog] 2010 p.3

[Consulta: 12 - Abril - 2017].

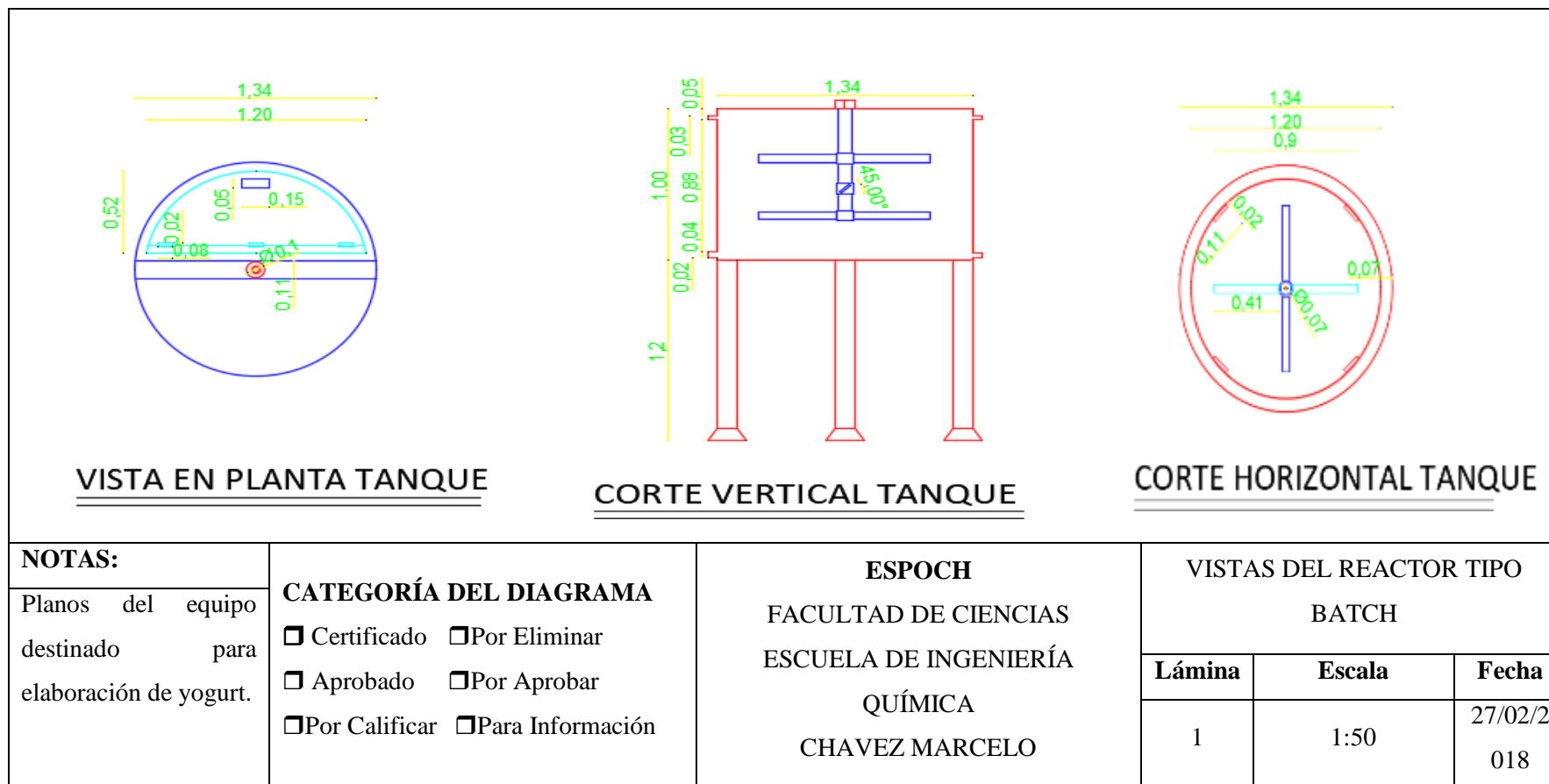
Disponible en: <http://www.masmusculo.com.es/health/los-reguladores-de-acidez-y-el-ph-de-los-alimentos/>.

**Mccabee, Warren L., Smith, Julian C. & Harriot, Peter.** *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. México: McGraw-Hill/Interamericana, 7ma Ed, 2007. p.276-278

**Monsalvo Vázquez, Raúl; Et Al.** *Balance de materia y energía. Procesos industriales*. 1era Ed. México: Grupo Editorial Patria, 2014. p.109

## ANEXOS

**Anexo A:** Vista del reactor batch.



### NOTAS:

Planos del equipo destinado para elaboración de yogurt.

### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Certificado     Por Eliminar  
 Aprobado     Por Aprobar  
 Por Calificar     Para Información

### ESPOCH

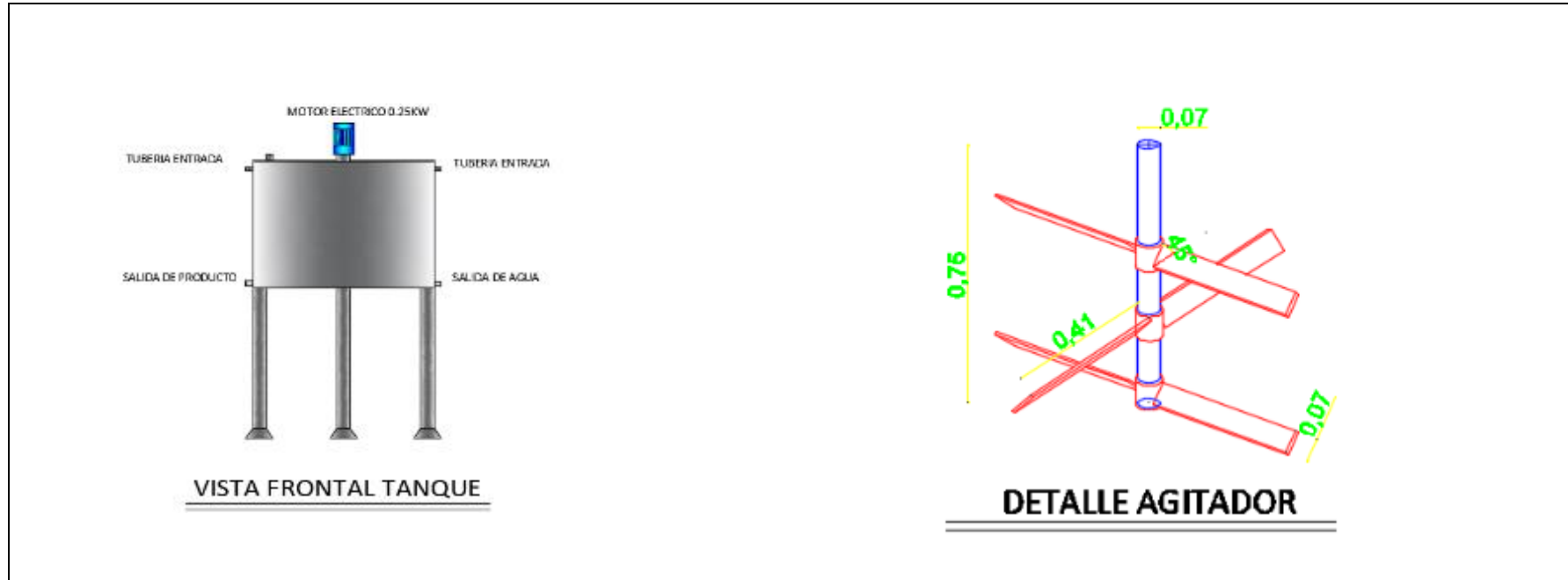
FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 QUÍMICA  
 CHAVEZ MARCELO

### VISTAS DEL REACTOR TIPO BATCH

Lámina	Escala	Fecha
1	1:50	27/02/2018



Anexo B: Vista del Reactor tipo Batch y Agitador



<b>NOTAS:</b>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b></p> <p><input type="checkbox"/> Certificado    <input type="checkbox"/> Por Eliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado    <input type="checkbox"/> Por Aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por Calificar    <input type="checkbox"/> Para Información</p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA</p> <p>QUÍMICA</p> <p>CHAVEZ MARCELO</p>	VISTA DEL REACTOR TIPO		
Planos del sistema de agitación para elaboración de yogurt.			BATCH Y AGITADOR		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
	1	1:50	27/02/2018		

Anexo C: Propiedades de agua saturada (líquido- vapor). Tabla de temperaturas

Agua saturada-Tabla de temperaturas												
Temp., T °C	Pres. sat., P <sub>sat</sub> kPa	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		
		Liq. sat., v <sub>f</sub>	Vap. sat., v <sub>g</sub>	Liq. sat., u <sub>f</sub>	Evap., u <sub>fg</sub>	Vap. sat., u <sub>g</sub>	Liq. sat., h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Vap. sat., h <sub>g</sub>	Liq. sat., s <sub>f</sub>	Evap., s <sub>fg</sub>	Vap. sat., s <sub>g</sub>
0.01	0.6113	0.001000	206.14	0.0	2 375.3	2 375.3	0.01	2 501.3	2 501.4	0.000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001000	147.12	20.97	2 361.3	2 382.3	20.98	2 489.6	2 510.6	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001000	106.38	42.00	2 347.2	2 389.2	42.01	2 477.7	2 519.8	0.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001001	77.93	62.99	2 333.1	2 396.1	62.99	2 465.9	2 528.9	0.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001002	57.79	83.95	2 319.0	2 402.9	83.96	2 454.1	2 538.1	0.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001003	43.36	104.88	2 304.9	2 409.8	104.89	2 442.3	2 547.2	0.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001004	32.89	125.78	2 290.8	2 416.6	125.79	2 430.5	2 556.3	0.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001006	25.22	146.67	2 276.7	2 423.4	146.68	2 418.6	2 565.3	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001008	19.52	167.56	2 262.6	2 430.1	167.57	2 406.7	2 574.3	0.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001010	15.26	188.44	2 248.4	2 436.8	188.45	2 394.8	2 583.2	0.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001012	12.03	209.32	2 234.2	2 443.5	209.33	2 382.7	2 592.1	0.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001015	9.568	230.21	2 219.9	2 450.1	230.23	2 370.7	2 600.9	0.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001017	7.671	251.11	2 205.5	2 456.6	251.13	2 358.5	2 609.6	0.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001020	6.197	272.02	2 191.1	2 463.1	272.06	2 346.2	2 618.3	0.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001023	5.042	292.95	2 176.6	2 469.6	292.98	2 333.8	2 626.8	0.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001026	4.131	313.90	2 162.0	2 475.9	313.93	2 321.4	2 635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001029	3.407	334.86	2 147.4	2 482.2	334.91	2 308.8	2 643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001033	2.828	355.84	2 132.6	2 488.4	355.90	2 296.0	2 651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.13	0.001036	2.361	376.85	2 117.7	2 494.5	376.92	2 283.2	2 660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001040	1.982	397.88	2 102.7	2 500.6	397.96	2 270.2	2 668.1	1.2500	6.1659	7.4159

NOTAS:  
Propiedades del agua saturada (líquido- vapor). Tabla de temperaturas

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA**

Certificado       Por Eliminar

Aprobado       Por Aprobar

Por Calificar       Para Información

**ESPOCH**  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
CHAVEZ MARCELO

**DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH**

Lámina	Escala	Fecha
1	A4	27/02/2018

Anexo D: Dimensiones de tuberías de acero inoxidable

TABLA E1 C600a 40.									
Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro	Diámetro
3/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.769	0.0234	6.8	0.000 394	$3.660 \times 10^{-3}$
1/2	0.540	13.7	0.088	2.24	0.964	0.0303	9.2	0.000 725	$6.747 \times 10^{-3}$
3/4	0.675	17.1	0.091	2.31	0.993	0.0411	12.3	0.001 33	$1.216 \times 10^{-2}$
1	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	$1.960 \times 10^{-2}$
1 1/8	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	$3.457 \times 10^{-2}$
1 1/2	1.315	33.4	0.133	3.38	1.019	0.0874	26.6	0.006 00	$5.571 \times 10^{-2}$
1 3/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.280	0.1150	35.1	0.010 39	$9.651 \times 10^{-2}$
2	2.375	60.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	$1.314 \times 10^{-1}$
2 1/2	2.875	73.0	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	$2.168 \times 10^{-1}$
3	3.500	88.9	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	$3.090 \times 10^{-1}$
3 1/2	4.000	101.6	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	$4.764 \times 10^{-1}$
4	4.500	114.3	0.226	5.74	3.548	0.2937	90.1	0.068 68	$6.381 \times 10^{-1}$
5	5.563	141.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	$8.310 \times 10^{-1}$
6	6.563	168.3	0.248	6.53	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	$1.291 \times 10^{-1}$
8	8.625	219.1	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	$1.868 \times 10^{-1}$
10	10.750	273.1	0.322	8.18	7.981	0.6631	202.7	0.317 2	$3.036 \times 10^{-1}$
12	12.750	323.9	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	$5.080 \times 10^{-1}$
14	14.000	353.6	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	$7.219 \times 10^{-1}$
16	16.000	406.4	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	$8.729 \times 10^{-1}$
18	18.000	457.2	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1190
20	20.000	508.0	0.563	14.27	16.876	1.406	426.7	1.553	0.1443
24	24.000	609.6	0.593	15.06	18.814	1.568	477.0	1.931	0.1789
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.620	1.886	574.7	2.782	0.2594

**NOTAS:**

Dimensiones de las tubería de acero inoxidable

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA**

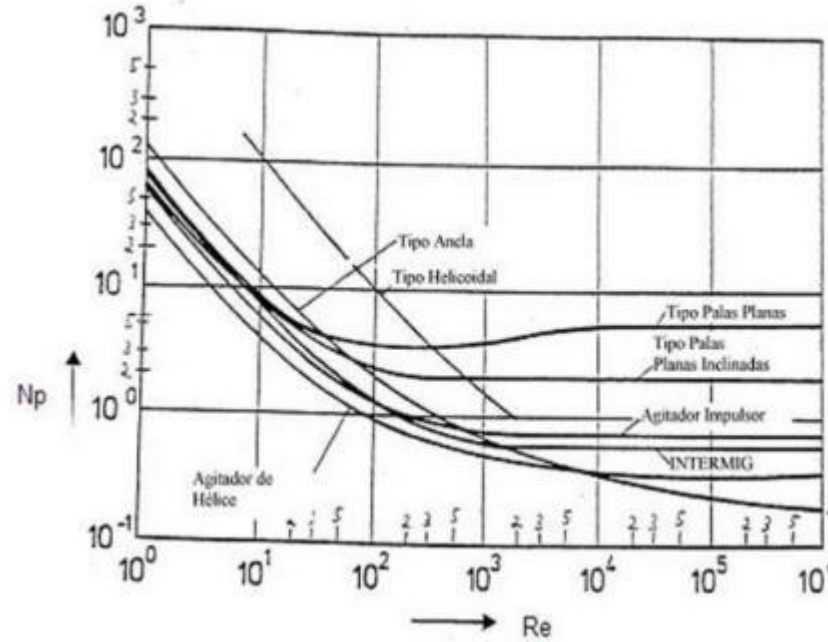
- Certificado                       Por Eliminar  
 Aprobado                               Por Aprobar  
 Por Calificar     Para Información

**ESPOCH**  
 FACULTAD DE CIENCIAS  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 QUÍMICA  
 CHAVEZ MARCELO

**DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH**

Lámina	Escala	Fecha
2	A4	27/02/2018

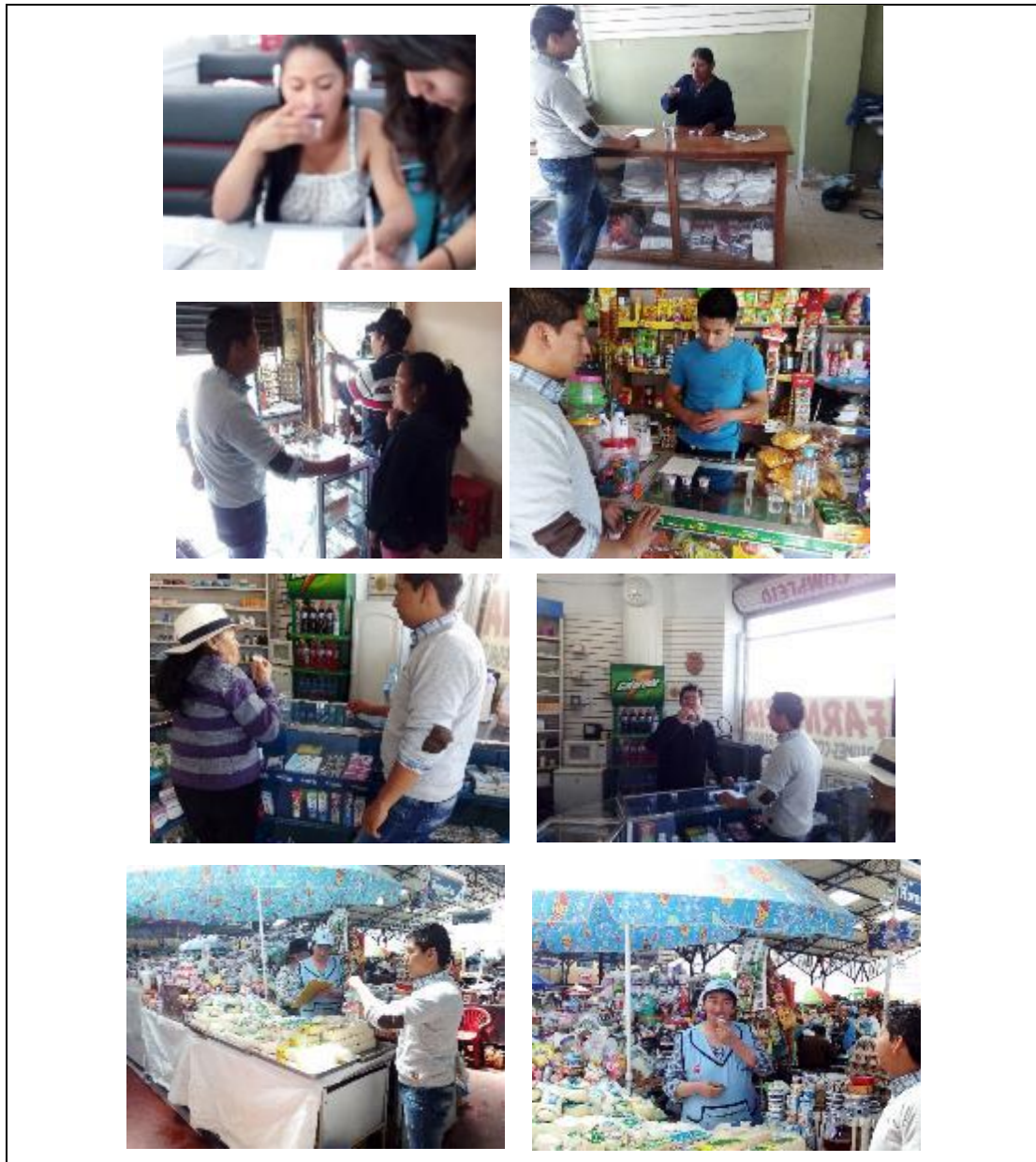
Anexo E: Correlaciones de potencia para diferentes tipos de impulsores



<b>NOTAS:</b> Correlación de potencia para diferentes tipos de impulsores.	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por Eliminar <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Por Aprobar <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/> Para Información	<b>ESPOCH</b> FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA CHAVEZ MARCELO	DISEÑO DE UN REACTOR TIPO BATCH		
			<b>Lámina</b>	<b>Escala</b>	<b>Fecha</b>
			4	A4	07/07/2018

Anexo F: Fotos de Pruebas Afectivas

➤ Mercado “San Alfonso” / Zonas aledañas:



**ANEXO G: Prueba de aceptación (Encuesta)**

**HOJA DE RESPUESTA**

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ -

Producto: Yogurt de Fresa

**Instrucciones:**

Por favor pruebe las muestras en el orden que le indicamos: Primero la muestra C, segundo la muestra A y finalmente la muestra B.

Señale cual yogurt le ha gustado más: C\_\_\_ A\_\_\_ B\_\_\_

Por favor denos su criterio respecto al yogurt de su preferencia sobre las siguientes características:


<b>ATRIBUTO</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>ME GUSTA</b>	<b>NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA</b>	<b>NO ME GUSTA</b>
<b>CONSISTENCIA</b>	C			
	A			
	B			
<b>SABOR</b>	C			
	A			
	B			

Comentarios: \_\_\_\_\_


\_\_\_\_\_

Gracias por su participación!

Anexo H: Resultados de Análisis Nutricionales - LECHE



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA EN ALIMENTOS  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANALISIS DE ALIMENTOS**  
Dir: Av. Los Chasquis y Río Payamino, Huachi, Telf.: 2 400987 ext. 114, e-mail: laconal@uta.edu.ec; laconal@hotmail.com  
Ambato-Ecuador



---


**CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO**  
Certificado No:17-368

Solicitud N°: 17-368	R01-5.10.06
Fecha recepción: 14 de noviembre 2017	Pág. 1 de 1
Fecha de ejecución de ensayos: 14 al 16 de noviembre del 2017	
<b>Información del cliente:</b>	
Empresa:	
Representante: Marcelo Alejandro Chavez Orozco	C.I./RUC: 0604129171
Dirección: Venezuela y Larrea	TIF: 0997223912
Ciudad: Riobamba	Email: chavezmarcelo87@gmail.com
<b>Descripción de las muestras:</b>	
Producto: Leche cruda	Volumen: 250ml
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: esteril plastico
Lote: n/a	No de muestras: una
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a
Conservación: Ambiente: Refrigeración: X Congelación:	Almac. en Lab: 7 días
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 14 de noviembre 2017

**RESULTADOS OBTENIDOS**

Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Ensayos solicitados	Métodos utilizados	Unidades	Resultados
Leche cruda	36817634	Quesera "Doña Isabelita"	Densidad	AOAC 925.22. Ed 20, 2016 / INEN 11	-	1,028
			Grasa	AOAC 2000.18 Gerber. Ed 20, 2016	%	1,7
			Acidez	INEN 13	mg/100 g ácido láctico	0,126
			Sólidos Totales	PE06-5.4-FQ. AOAC Ed 20, 2016 927.05	%	90,5
			Proteína	AOAC 991.2. Ed 20, 2016	%(N6,38)	2,82
			Reducasa	Método Interno	t	6 h (muy buena)

Conds. Ambientales: 18,5 °C; 45%HR



Ing. Gladys Risueno  
Directora de Calidad

Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si

Nota: Los resultados consignados se refieren exclusivamente a la muestra recibida. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.

"La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculante. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".



Servicios Análisis Químicos y Microbiológicos  
en Aguas y Alimentos

### EXAMEN MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 195-18


CLIENTE: Sr. Marcelo Chavez	
DIRECCIÓN: Venezuela y Espedo	TELÉFONO:
TIPO DE MUESTRA: Leche	

#### EXAMEN MICROBIOLÓGICO

MUESTRA	PARAMETRO	UNIDADES	MÉTODO DE ENSAYO	RESULTADO
LECHE	Antibióticos	-	-	Negativo
	Coliformes totales	UFC/ml	INEN 1529-7	10
	Escherichia Coli	UFC/ml	INEN 1529-8	Ausencia

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE

  
Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.







### EXAMEN BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DE ALIMENTOS

CÓDIGO: 051-18

CLIENTE: Sr. Marcelo Chávez

TIPO DE MUESTRA: Yogurt de fresa

FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de febrero del 2018

FECHA DE MUESTREO: 16 de febrero del 2018

#### EXAMEN FISICO

COLOR: Característico

OLOR: Característico

ASPECTO: Normal, libre de material extraño

DETERMINACIONES	UNIDADES	MÉTODO DE ANÁLISIS	VALOR ENCONTRADO
Proteína	%	INEN	2.72
Grasa	%	INEN	3.76
pH	Unid.	Potenciométrico	3.79
Coliformes totales	UFC/ml	Siembra en placa	Ausencia
Lactobacillus	UFC/ml	Siembra en placa	$1.4 \times 10^6$

#### RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

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

\* La muestra es receptada en laboratorio.

Anexo J: Proforma del valor del equipo



Planta de producción: Av. Juan Félix Proaño e Islandia  
Barrio: la Libertad  
Via a San Luis

RUC: 0603484783001

Teléfono:  
ofi. 2922-558/Almacén 2952465  
0997197182 - 0984304443  
Riobamba - Ecuador

Email: elitemaquinarias@gmail.com

"Su satisfacción es nuestra mejor garantía"

COTIZACION: 020

Empresa: QUESERA DOÑA ISABELITA  
Nombre: SR MARCELO CHAVEZ  
Ruc: 060412917001  
Ciudad: RIOBAMBA ECUADOR  
Teléfono: 0997223912

Propuesta N°: 01  
Fecha: 18 de mayo de 2018  
Asesor Técnico: Jorge Tenegusñay  
Teléfono: 2922-558 - 2952465  
Celular: 0997197182 - 0984304443

Ítem	Descripción	Logotipo	Cant	Precio Unit	Precio total
	<p><b>YOGURTERA 1150 LITROS</b> Yogurtera capacidad de 1150 litros en acero inoxidable AISI 304 grados alimenticio, espesor 3 mm primera pared, 2,5 mm segunda pared, 1,5mm tercera pared, resistencia 30 psi de presión, AISLAMIENTO Poliuretano densidad 40 kg/m3, espesor 30 mm Forado con plancha de acero inoxidable de 1,5 mm ABIERTA 3 soportes, salida del producto neplós de 2" con clamp, termómetro, con un agitador moto reductor de 1/2 HP 30 RPM.</p> <p>Adicional un termo lactodensímetro a parte del equipo.</p> <p>Todas las uniones de soldadura serán pulidas tipo sanitario cumpliendo la norma sanitaria 3-A americana.</p>		1	4300,00	4300,00
				Subtotal	4300,00
				Descuento	*****
				IVA	*****
				<b>TOTAL</b>	<b>4300,00</b>

**Opción:** Efectivo o Cheque personal

70%	Anticipo a la orden o firma del contrato.	3000,00
30%	Contra entrega de los equipos en nuestra planta de producción.	1300,00

Validez de la oferta: 28 días calendario  
Tiempo de entrega: 15 días laborables  
Instalación: Ninguno.

DEPÓSITOS O TRANSFERENCIAS A NOMBRE DE JORGE TENEGUSÑAY C.I. 060348478-3  
CUENTA CORRIENTE BANCO INTERNACIONAL # 3000624097  
CUENTA CORRIENTE BANECUADOR # 3001242756