



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EVAPORADOR PARA LA  
ELABORACIÓN DE MANJAR.”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTORES**

**EDITH VIVIANA YUNGÁN ACALO**

**SEGUNDO ROBERTO PACA PILAMUNGA**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

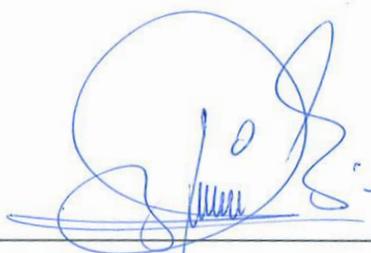
**2017**

**El presente trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal**



---

Ing. M. C. Rogelio Estalin Ureta Valdez  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



---

Ing. M.C. Edwin Dario Zurita Montenegro  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



---

Ing. M.C. Daniel Mauricio Beltrán del Hierro.  
**ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Riobamba, 11 de Enero del 2017

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Edith Viviana Yungán Acalo y Segundo Roberto Paca Pilmunga, declaramos que el presente Trabajo de Titulación **“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN EVAPORADOR PARA LA ELABORACIÓN DE MANJAR”**, es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

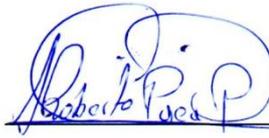
Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos presentes en este Trabajo de Titulación.

Riobamba, 11 de Enero de 2017.



---

Edith Viviana Yungan Acalo  
C.I.: 060544936-2



---

Segundo Roberto Paca Pilmunga  
C.I.: 060284224-7

## **AGRADECIMIENTO**

Muchos iniciamos el mismo camino pero pocos llegamos al final, gracias Dios por darnos la vida, sabiduría, fortaleza, perseverancia y paciencia durante todo este tiempo, gracias a ti hoy finalmente hemos alcanzado nuestra meta.

Queremos agradecer respectivamente a nuestros padres y herman@s por el apoyo incondicional, sacrificio y comprensión para culminar esta etapa, por sus palabras de aliento, por sus consejos, por sus muestras de cariño que los llevaremos siempre en nuestros corazones y por haber compartido momentos de alegrías y tristezas en cada instantes de nuestras vidas.

A nuestros familiares por el aliento moral en los tiempos de adversidad, por ser ángeles y compartir de sus experiencias; enseñarnos que una caída no es derrota sino aprendizajes en nuestra caminar y sobre todo la valentía de seguir hasta alcanzar nuestros sueños.

A nuestros amigos Anita, Jenny, por la comprensión, atención, por compartir con nosotros momentos de felicidad y dificultad; por contribuir en este largo camino.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirnos las puertas de la fuente de saber y a la Facultad de Ciencias Pecuarias, la Carrera de Ing. Industrias Pecuarias y a todos los docentes por compartir sus conocimientos académicos para nuestra formación profesional, y en ellos encontrar amigos que nos brindan valores, consejos para nuestra formación personal. A nuestro director Ing. Edwin Zurita y asesor Ing. Daniel Beltrán Del Hierro, por convertirse en nuestro pilar de saber en la ejecución de la presente investigación, por regalarnos su amistad, consejos y valores para crecer como personas.

Un agradecimiento a todas las personas con quienes coincidimos en nuestro tren de vida, por su granito de arena en nuestra formación de vida y aporte para alcanzar este propósito.

Edith y Roberto (E.V.Y.A y S.R.P.P.)

## **DEDICATORIA**

Al concluir este trabajo y por consiguiente un objetivo alcanzado dedicamos a Dios por acompañarnos en esta trayectoria con sus muestras de misericordia y amor día tras día; y nuestros padres, hermanos, familiares y amigos por creer en nuestro sueño.

Dedicamos a todas las personas que nos apoyaron para que este sueño se cristalice en cada uno de nosotros. A nuestros profesores y amigos; que en el andar por la vida nos hemos ido encontrado; cada uno de ustedes nos ha motivado en nuestros sueños, esperanzas y anhelos para fortalecer la formación de nuevos profesionales.

Gracias a cada uno de ustedes que han recorrido con nosotros este camino, porque nos enseñaron a ser más humanos.

Edith y Roberto (E.V.Y.A y S.R.P.P.)

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE GRÁFICOS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
<b>I. <u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>1</b>
<b>II. <u>REVISIÓN DE LA LITERATURA</u></b>	<b>3</b>
A. LECHE	3
1. <u>Definición</u>	3
2. <u>Características generales</u>	3
3. <u>Composición de la leche</u>	3
B. PROCESAMIENTO DE LA LECHE	4
1. <u>La leche como materia prima</u>	4
a. Características generales	4
b. Composición	5
c. Proteínas lácteas	5
d. Grasa Láctea	6
e. Lactosa	6
f. Componentes lácteos especiales	6
g. Propiedades fisicoquímicas	7
2. <u>Cronología del procesamiento de la leche</u>	8
3. <u>Depuración de la leche</u>	11
4. <u>El colado</u>	11
5. <u>Filtración</u>	11
6. <u>Clarificado o depuración por centrifugación</u>	12
7. <u>Descremado o desnatado de la leche</u>	12

8.	<u>Estandarización o normalización de la leche</u>	12
9.	<u>Pasteurización de la leche</u>	12
10.	<u>Esterilización de la leche</u>	13
11.	<u>Homogenización de la leche</u>	13
C.	MANJAR DE LECHE	14
1.	<u>Definición</u>	14
2.	<u>Elaboración</u>	15
3.	<u>Procedimiento para la elaboración</u>	15
D.	PROCESOS INDUSTRIALES ALIMENTICIOS	15
1.	<u>Procesos</u>	15
2.	<u>Operaciones discontinuas, continuas y semi-continuas</u>	16
3.	<u>Evaporación</u>	17
4.	<u>Tipos de evaporadores</u>	18
a.	Evaporador discontinuo	18
b.	Evaporador de circulación natural	19
c.	Evaporador de película ascendente	19
d.	Evaporador de película descendente	20
5.	<u>Procesado térmico de alimentos</u>	20
6.	<u>Procesos mecánicos</u>	21
7.	<u>Procesos de transferencia de calor</u>	21
<b>III.</b>	<b><u>MATERIALES Y MÉTODOS</u></b>	<b>23</b>
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	23
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	23
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	24
1.	<u>Materiales</u>	24
2.	<u>Equipos</u>	24
3.	<u>Insumos</u>	24

D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	25
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	25
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	26
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	26
1.	<u>Diseño del equipo</u>	26
2.	<u>Construcción del equipo</u>	26
3.	<u>Instalación del equipo</u>	27
4.	<u>Evaluación de la operación del equipo</u>	27
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	27
1.	<u>Determinación de cenizas</u>	27
a.	Aplicación	27
b.	Procedimiento	28
2.	<u>Determinación de la humedad</u>	28
a.	Aplicación	29
b.	Procedimiento	29
3.	<u>Determinación de los sólidos totales</u>	29
a.	Aplicación	29
b.	Procedimiento	30
<b>IV.</b>	<b><u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b>31</b>
A.	Humedad, (%).	31
B.	Sólidos Totales, (%)	33
C.	Contenido de Cenizas, (%).	36
D.	Tiempo de evaporación, (h).	39
E.	Temperatura de evaporación, (°C).	42
F.	PRODUCTIVIDAD, (kg/h)	45
G.	Eficiencia del equipo, (%).	47
<b>V.</b>	<b><u>CONCLUSIONES</u></b>	<b>48</b>
<b>VI.</b>	<b><u>RECOMENDACIONES</u></b>	<b>49</b>

VII. LITERATURA CITADA  
ANEXOS

50

52

## RESUMEN

En la planta de Lácteos Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, se diseñó, construyó y evaluó un Evaporador para la elaboración de manjar, mismo que se comparó con el método tradicional, el trabajo de investigación tuvo una duración de 60 días. La evaluación de la eficiencia del equipo se realizó con una cantidad de 40 l de leche, lo que permitió conocer las condiciones de operación del equipo; para determinar la calidad del producto obtenido con las dos metodologías, se tomaron muestras de dicho producto con una cantidad de 250 g. Los valores obtenidos mediante el análisis físico-químico determinaron que la calidad del producto cumple con los estándares de calidad establecido dentro de la Norma INEN 700: 2011. En el análisis t-student se evidenció que no existen diferencias estadísticas entre las medias. En cuanto al tiempo de evaporación (h) del equipo, presenta un tiempo de 3.99h y con el método tradicional obtuvo un tiempo de 5.58h, razón por la que evidencia la reducción en tiempo se debe a que el equipo trabaja con temperaturas de 175-200°C en el producto. La productividad (kg/h), se determinó con relaciones matemáticas de las corrientes de producción y se obtuvo un incremento de la producción del 39,8%. Referente a la eficiencia del equipo (%), se obtuvo con la aplicación de una ecuación matemática en el que se utilizó valores de tiempo de cada metodología, alcanzando un 80% de rendimiento del evaporador; operando el equipo en condiciones especificadas dentro del manual.

## ABSTRACT

At the Tunshi Dairy plant of the ESPOCH Faculty of Livestock Science, an evaporator was designed, constructed and evaluated for the elaboration of delicacy, which was compared with the traditional method, the research work lasted 60 days. The evaluation of equipment efficiency was made with an amount of 40 liters of milk, which allowed to observe the conditions of operation of the equipment; to determine the quality of the product obtained through the two methodologies, samples of this product were taken with an amount of 250g. The values obtained through the physical-chemical analysis determined that the quality of the product meets the quality standards established in the INEN Standard 700: 2011. In the t.student analysis in the was evidenced that there are no statistical differences between the means. As for the evaporation time (h) of the equipment, it present a time of 3.99h and with the traditional method it obtained a time 5.58h, reason for which it evidences the reduction in time is due to the equipment works with temperatures of 175°-200°C in the product. Productivity (kg/h) was determined with mathematical ratios of production currents and the increase in production of 39.8% was obtained. Regarding the efficiency of the equipment (%), it was obtained with the application of a mathematical equation in which the values of each methodology were used, reaching 80% evaporator efficiency; operating the equipment under specified conditions within the manual.

## **LISTA DE CUADROS**

N°		Pág.
1.	COMPOSICIÓN GENERAL DE LA LECHE, EN PORCENTAJES.	4
2.	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA LECHE.	5
3.	MACROELEMENTOS Y ELEMENTOS TRAZA PRESENTES EN LA LECHE.	7
4.	COMPOSICIÓN DE DIFERENTES MUESTRAS DE MANJAR	14
5.	PROCEDIMIENTO DE CALENTAMIENTO DE LECHE.	22
6.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESTACION EXPERIMENTAL TUNSHI	23
7.	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR.	32
8.	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR.	33
9.	COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZA DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR.	35
10.	ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE MANJAR DE LECHE	37
11.	RESUMEN PRUEBA T-STUDENT PARA DOS MUESTRAS EMPAREJADAS	38
12.	FORMULACIÓN APLICADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MANJAR	39
13.	RESULTADO DE LA COMPARACIÓN ENTRE EL TIEMPO REQUERIDO PARA LA PRODUCCIÓN DE MANJAR DE LECHE CON LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO DE EVAPORACIÓN Y UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL.	39
14.	VALORES DE LA TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO DE LA	43

METODOLOGÍA TRADICIONAL Y EL EQUIPO EVAPORADOR EN  
LA OBTENCIÓN DE MANJAR DE LECHE.

**LISTA DE GRÁFICOS**

N°	Pág.
1. Comparación del contenido de humedad del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.	32
2. Comparación del contenido de sólidos totales del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.	35
3. Comparación del contenido de cenizas del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.	38
4. Comparación entre el tiempo requerido para la producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.	42
5. Comparación entre la temperatura mínima y máxima de procesamiento para la producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.	46
6. Comparación entre el flujo de producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.	49

## **LISTA DE ANEXOS**

N°

1. Especificaciones Técnicas del Evaporador de Manjar de Leche.
2. Resultados de los análisis fisicoquímicos del manjar de leche, realizados en el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
3. Determinación de sólidos totales en el manjar de leche
4. Estadística descriptiva del contenido de Humedad (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.
5. Estadística descriptiva del contenido de Cenizas (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.
6. Estadística descriptiva del contenido de Sólidos Totales (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.
7. Base de datos de los análisis del manjar de leche mediante la prueba Tstudent.
8. Diseño de evaporador del manjar.
9. Construcción del Evaporador del manjar.
10. Instalación del Evaporador de Manjar en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH.
11. Evaluación del Evaporador de Manjar mediante Método Tradicional y la Utilización del Evaporador
12. Manual de Funcionamiento del Evaporador de Manjar de Leche

## **I. INTRODUCCIÓN**

Uno de los objetivos primordiales de las industrias alimentarias es realizar una serie de operaciones sobre las materias primas agropecuarias (como la leche), que las conviertan en alimentos aptos para el consumo humano. Estas operaciones se realizan de tal modo que cambian su composición y/o su nivel energético. Para realizar estas transformaciones se utilizan distintos aparatos, en las diferentes etapas de procesado, siendo imprescindible que cada una de estas etapas esté bien diseñada para que el producto sufra el mínimo de deterioro. El cálculo y diseño eficiente de cada una de estas etapas es el fin primordial en la industria alimentaria, y en la que cada una de las etapas de proceso recibe el nombre de Operación Unitaria o Básica, como la evaporación.

La leche representa actualmente un componente dentro de la dieta alimentaria esencial dentro de los hogares, no obstante, su alto contenido nutricional fomenta también el desarrollo de microorganismos que efectúan la degradación de la misma, es por ello que surge la necesidad de aplicar medidas de conservación que permitan prolongar la vida útil de dicho alimento sin alterar su valor nutricional, de allí surge la importancia la aplicación de procesos que mejoren la calidad funcional y comercial de la leche, generando derivados que posean un valor, tanto nutricional, funcional, de aceptación comercial y económico superior a la materia prima. Para generar la modificación deseada en la leche se requiere la implementación de equipos que faciliten las operaciones de producción y mejoren la obtención de los productos lácteos, como es el caso del manjar de leche.

La industria alimenticia representa una de las practicas productivas más importantes dentro del desarrollo industrial de la zona, es por ello que se debe brindar conocimientos técnicos que mejoren las formas y metodologías de producción en la obtención de producto de mayor calidad, aceptación y vida útil con el mejor aprovechamiento de la materia prima y la energía, para ello es necesario experimentar dentro de laboratorio con las condiciones de operación, por lo cual se requiere equipos de experimentación, como en el caso de la presente investigación, un evaporador para la obtención de manjar de leche.

Uno de los mayores problemas que se evidencia en la Planta de Lácteos Tunshi es el no contar con los equipos adecuados, lo que impiden producir mayor variedad de alimentos, creando así un desconocimiento de estos productos en la formación de nuevos profesionales puesto que los métodos tradicionales requieren de un mayor tiempo.

La industria láctea va evolucionando y desarrollando equipos que ayudan para la elaboración de manjar de leche, los cuales tienen preferencia por los consumidores que buscan productos de buena calidad e inocuidad, así como una vida útil prolongada.

Para el desarrollo de la presente investigación se han planteado los siguientes objetivos.

- Diseñar, construir y evaluar un evaporador para la elaboración de manjar, en la Planta de Lácteos Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH.
- Realizar el diseño de un evaporador para la elaboración de manjar considerando las variables de proceso para obtener una elevada eficiencia y calidad en el producto.
- Construir el evaporador para el manjar de leche en base a las especificaciones determinadas en el proceso del diseño del equipo.
- Evaluar el rendimiento del equipo en base a la calidad del producto elaborado, el tiempo de operación y la energía consumida
- Elaborar una guía de funcionamiento del equipo donde se detallen las condiciones de operación, mantenimiento y medidas de seguridad a considerar en la operación del mismo.

## II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### A. LECHE

#### 1. Definición

Secreción láctea, prácticamente libre de calostro, obtenida por ordeño completo de una o más vacas en buen estado de salud; dicha secreción láctea debe tener no menos de 3.25% de grasa de leche y no menos de 8.25% de sólidos no grasos de leche. (Cheftel, J. 2000).

#### 2. Características generales

La leche fresca de vaca deberá presentar aspecto normal, estará limpia y libre de calostro, preservadores, antibióticos, colorantes, materias extrañas y sabores u olores objetables o extraños. La leche se obtendrá de vacas acreditadas como sanas, es decir libres de toda enfermedad infecto-contagiosa tales como tuberculosis, brucelosis y mastitis. A partir del momento de obtención de la leche se la someterá a filtración y enfriamiento inmediato a 4.5°C (40°F); en el momento de entrega podrá estar a una temperatura no mayor de 10°C (50° F). La leche fresca de vaca se ajustará a las condiciones exigidas por la legislación sanitaria de cada país. (Madrid, A. 2016)

#### 3. Composición de la leche

El interés por conocer los constituyentes de la leche se basa en que ésta es un alimento humano de primera necesidad y que para determinar su valor nutritivo es necesario conocer la clase de nutrimentos y la cantidad en que éstos se encuentran en ella. Por otra parte, la elaboración de productos lácteos demanda el conocimiento de los componentes de la leche para producir nuevos productos que permitan el incremento en el consumo de este alimento. Los constituyentes de la leche se encuentran en tres estados físicos: solución o fase hídrica,

suspensión micelar o suspensión de la caseína ligada a sales minerales, y emulsión de la materia grasa bajo forma globular, lo cual permite la división de los ingredientes en tres grandes grupos: Agua, Sólidos no grasos (SNG), y Grasa (G). Los sólidos no grasos son llamados también Sólidos del suero de la leche (SS), Sólidos del plasma (SP), Extracto seco desengrasado, (ESD) o Extracto seco magro (ESM). La suma de los SNG y grasa forma los Sólidos totales (ST) o el Extracto seco total (EST), como se muestra en el (cuadro 1). (Madrid, A. 2016)

Cuadro 1. COMPOSICIÓN GENERAL DE LA LECHE, EN PORCENTAJES

CONSTITUYENTE	VARIACION	PROMEDIO
Agua	70.00-90.50	87,00
Grasa	2.20-8.00	3,80
Proteínas	2.70—4.80	3,50
Lactosa	3.50-6.00	4,90
Cenizas	0.65-0.90	0,80

Fuente: (Madrid, A. 2016)

## B. PROCESAMIENTO DE LA LECHE

### 1. La leche como materia prima

#### a. Características generales

La leche de ordeño es un líquido blanco y opaco, de sabor típico, lleno y ligeramente dulce, y olor específico, obtenido con limpieza por el granjero mediante ordeño regular y completo. Se manipula y transforma para convertirse en leche de consumo y productos lácteos. (Martínez, J. 2000)

La inmensa mayoría de la producción mundial de leche es de vaca. Pero también revisten importancia comercial las leches de búfala, oveja y cabra, especialmente en Asia. En virtud de su composición, la leche se incluye entre los alimentos de mayor importancia nutritiva. (Martínez, J. 2000)

## b. Composición

En la leche es obligado distinguir entre componentes originarios y sustancias extrañas. Su composición química sufre oscilaciones, al resultar influida por una serie de factores (raza, fase de lactación, edad, alimentación, estado de salud del animal, etc.). La leche contiene por término medio 85-91% de agua, 3,4-6,1% de grasa, 2,8-3,7% de proteína, 4,5-5,0 de lactosa, 0,68-0,77% de sales minerales y diversos elementos traza, como se muestra en el (cuadro 2). (Mahan, L. 2009)

Cuadro 2. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA LECHE

Componentes originarios		Componentes no originarios (sustancias extrañas)
Agua	Vitaminas	Antibióticos
Lactosa	Ácido cítrico	Herbicidas
Grasa	Enzimas	Insecticidas
Proteína	Fosfátidos	Radionucleocidos
Sales (en forma de aniones y cationes)	Esterinas	-
	Gases	-

Fuente: (Astiasarán, I. 2000).

## c. Proteínas lácteas

El contenido proteico de la leche oscila entre 3,3 y 4%, constituyendo la caseína la fracción principal, con 2,8-3,4%. Las proteínas de la leche pueden clasificarse en tres grupos principales: la caseína, la  $\alpha$ -lactoalbúmina y la  $\beta$ -lactoglobulina. La caseína se diferencia por su parte en  $\alpha$ -,  $\beta$ - y  $\gamma$ -caseína, constandingo a su vez la  $\alpha$ -caseína de  $\alpha$ s-caseína y  $\alpha$ 2-caseína. Las fracciones proteicas individuales están sujetas a variaciones de naturaleza genética, caracterizándose por pequeñas desviaciones de la estructura primaria de la proteína respectiva. (Ibarz, A. 2005)

#### **d. Grasa Láctea**

El contenido en grasa de la leche de vaca oscila aproximadamente entre 3,0-4,5%. La grasa láctea está constituida por glicéridos (lípidos sencillos), fosfátidos (lípidos compuestos), ácidos grasos libres y de las sustancias acompañantes de la grasa solubles en la fase de glicéridos. Los principales ácidos grasos, con más de 99% de los ácidos grasos totales, suponen la fracción mayor en la composición de la grasa láctea, siendo de importancia fundamental en la determinación de las propiedades de la leche. Los ácidos grasos minoritarios (ácidos grasos con número impar de átomos de carbono, con ramificaciones de cadenas de carbono y numerosos enlaces dobles) sólo son una fracción de menos del 1 % sobre el total. La grasa láctea se encuentra en la leche en forma de glóbulos que forman con el agua de ésta una emulsión del tipo aceite-en-agua. (Revilla, A. 1982)

#### **e. Lactosa**

La lactosa existe en dos formas isómeras: la  $\alpha$ - y la  $\beta$ -lactosa. Se diferencian entre sí por la disposición espacial de los grupos hidroxilo en el primer átomo de carbono. Ambas formas exhiben distintas propiedades químicas y físicas de importancia tecnológica. Así, la  $\beta$ -lactosa presenta una mayor solubilidad en agua que la  $\alpha$ -lactosa. (Araneo, A. 1981)

#### **f. Componentes lácteos especiales**

Junto a los componentes cuantitativos mayoritarios de la leche, las sales minerales, las vitaminas y los enzimas de la leche desempeñan un papel importante. Dichas sustancias tienen un gran valor en la calidad nutritivo-fisiológica de la leche. En base a la diferente naturaleza de las sales minerales lácteas, existe cierta interacción entre los aniones y los cationes. El nivel de iones ejerce gran influencia sobre las propiedades de la leche y por tanto sobre los parámetros tecnológicos (propiedades de coagulación en la precipitación del cuajo), como se muestra en el (cuadro 3). (Mahan, L. 2009)

Cuadro 3. MACROELEMENTOS Y ELEMENTOS TRAZA PRESENTES EN LA LECHE

Macro elementos formadores de cationes	Macro elementos formadores de aniones	Micro elementos formadores de cationes	Micro elementos formadores de aniones
Na	Cl	Fe	»a F
K	P04	Cu	Sr I
Ca	S04	Co	Mn Br
Mg	HCOji	Zn	Mo B
-	lones citrato	Al	Pb Si
-	-	Rb	Cr Se
-	-	Li	Ag -
-	-	Sn	Ti -
-	-	V	- -

Fuente: (Madrid, A. 2016)

### g. Propiedades fisicoquímicas

Ciertas propiedades físico-químicas tienen gran repercusión sobre el proceso tecnológico a que se somete la leche. La densidad de la leche ordeñada a unos 20°C suele estar comprendida entre 1,026 y 1,033 g/cm<sup>3</sup>. La densidad de los productos lácteos se eleva con el aumento del contenido en grasa. En la viscosidad influyen diferentes factores como la concentración de grasa, el contenido de caseína o el estado de dicha caseína. Por ejemplo, para una leche fresca con 2,5% de grasa, la viscosidad es de 1,76 mPa • s, y para una leche condensada (10%) de 23 mPa • s. El aumento de la concentración por ultrafiltración puede llevar hasta un umbral de fluencia. La acidificación implica una gelificación de la fracción proteica y mediante un batido energético se obtiene un fluido plástico. (Mahan, L. 2009)

Las transformaciones bioquímicas en la leche se suelen expresar parcialmente mediante el valor de acidez. En las industrias lácteas se emplea tanto la medición del índice-SH (índice Soxhlet - Henkelo acidez potencial) como el pH (acidez

actual). El índice- SH de una leche fresca oscila entre los valores 6,5-7,5 y el pH entre 6,6-6,8. El punto de congelación de la leche está entre -0,52 y -0,55°C. (Mahan, L. 2009)

La conductividad específica de la leche, con valores de  $45 \cdot 10^{-2}$  a  $50 \cdot 10^{-2}$  S/m<sup>3</sup> para una leche de ordeño a unos 20°C, es relativamente pequeña. El índice dieléctrico de diferentes productos lácteos depende en un elevado grado de su contenido en agua. Por ejemplo, a unos 20°C en una leche para consumo su valor es aproximadamente 130 y para una mantequilla es 3,1-3,2. (Ibarz, A. 2005)

## **2. Cronología del procesamiento de la leche**

Desde hace 8,000 años, los pueblos de Mesopotamia intentaron domesticar animales productores de leche, por lo que es lógico pensar que desde entonces el hombre buscara utilizar y procesar la leche con fines alimentarios. Recientemente se descubrió que el hombre mediterráneo de la Edad del Cobre (hace aproximadamente 6,000 años) consumía leche y ya conocía técnicas para su conservación, produciendo desde entonces dos variedades de queso: el requesón o queso ricotta (queso fresco obtenido del suero de leche) y el tuma (especie de queso madurado de leche de oveja). Es posible que el queso haya sido descubierto accidentalmente hace por lo menos 5,000 años en el intento de transportar y conservar la leche, quizás dentro de un saco hecho con el estómago de una oveja, donde las enzimas de la pared del estómago, aunadas al calor y el movimiento, acidificaron la leche y coagularon las proteínas, surgiendo así la primera “cuajada”. Las leches fermentadas y el yogurt se conocen desde siempre entre las poblaciones orientales; de hecho, el término “joggurt” (en turco “leche densa”) tiene orígenes antiquísimos, siendo ya citado en la Biblia y descrito por Aristóteles; sin embargo, al igual que el queso y dada la probable casualidad de su descubrimiento, es difícil definir cuándo apareció por primera vez, pero se cree que su origen data de hace por lo menos 4,000 años. (Alais, C. 1990)

En el siglo XX su consumo se extendió hacia Occidente y se popularizó gracias a los estudios realizados por Metchnikov, quien aisló el *Lactobacillus bulgaricus* (a partir de una muestra de yogurt proveniente de Bulgaria), e intuyó que el consumo

constante de este alimento podía proteger al hombre contra bacterias nocivas en el intestino. Probablemente el primer animal que fue criado para la obtención de leche fue la cabra, aunque otros autores mencionan a la oveja como el primer mamífero domesticado para este fin. Con la domesticación del ganado vacuno, sin embargo, las cabras fueron sustituidas por las vacas como fuente principal de leche. (Alais, C. 1990)

La descripción gráfica más antigua que se conoce del ordeño es un bajorrelieve en un templo mesopotámico que data del 2,900 A.C. En tiempos de los antiguos griegos y romanos se criaban rebaños de vacas como fuente de leche y se piensa que fueron los romanos quienes introdujeron el ganado en otras partes de Europa cuando invadieron la Bretaña en el siglo I D.C. El primer queso suizo se registra en el 58 D.C. y el primer queso inglés data del 120 D.C. La introducción del ganado lechero en la Nueva España fue en un principio reducido dado las dificultades para su transporte; sin embargo, la producción animal creció y se dispersó rápidamente observándose un auge a mediados del siglo XVI. Hasta inicios del siglo XIX, la gente en México bebía la leche producida en granjas y rancherías cercanas. Con el desarrollo del ferrocarril, la leche estuvo a disposición de mucha más gente. Sin embargo, la calidad de la leche era a veces muy pobre y podía estar contaminada con bacterias que causaban enfermedades. Hacia finales del siglo XIX con el surgimiento de la pasteurización y la estandarización se logró obtener una leche de mayor calidad y con mucho menor riesgo para la salud. Actualmente, gracias al advenimiento de la biotecnología y los avances tecnológicos industriales se han logrado desarrollar productos lácteos cada vez más sofisticados y funcionales que contribuyen no sólo a agrandar al paladar, sino a procurar la salud del consumidor. (Alais, C. 1990)

Si bien existen muchos métodos para el procesamiento de la leche que difieren en los detalles, éstos pueden agruparse en tres, según sus características generales. Estos tres métodos pueden, a su vez, superponerse y, utilizando una combinación de dos de ellos, es posible obtener un producto con mayor grado de preservación. El primer método involucra aumentar el grado de acidez de la leche (o bajar su pH). Esto previene o disminuye el crecimiento de los microorganismos de la

descomposición y la acción de las enzimas (sustancias naturales que producen cambios en el sabor). La acidez de la leche puede incrementarse mediante:

- La fermentación del ácido láctico: microorganismos beneficiosos fermentan las azúcares en la leche, convirtiendo la lactosa en ácido láctico.
- La adición de ácidos orgánicos; vinagre o jugo de limón.

El segundo método involucra disminuir su contenido de humedad a un nivel lo suficientemente bajo como para controlar el crecimiento de microorganismos y la acción de las enzimas, haciendo el producto más estable. El contenido de humedad puede reducirse de la siguiente manera:

- Por evaporación del agua utilizando calor.
- Por medio del cuajado de la leche, retirando el suero o la parte acuosa, como en el caso del queso.
- Separando mecánicamente la grasa, batiendo la para convertirla en mantequilla.
- Añadiendo sal o azúcar para concentrar parte del agua, como en la elaboración de los quesos o dulces de leche.
- Secando los productos al sol o al aire libre, como en el caso de la elaboración de quesos o la extracción de la caseína de la leche (proteína de la leche).
- Secando los productos mecánicamente, como en la producción de leche en polvo, utilizando secadoras a rodillo o atomizadores.

El tercer método simplemente involucra su calentamiento para producir leche pasteurizada o esterilizada. (Mahan, L. 2009)

### **3. Depuración de la leche**

La depuración es hecha con el propósito de eliminar la mayoría de las partículas ajenas que se encuentran en la leche. Existen diferentes grados de depuración, según el método usado. Los métodos principales son el colado, la filtración y la clarificación o centrifugación. (Mahan, L. 2009)

### **4. El colado**

Las partículas de suciedad contienen gran cantidad de microorganismos y por ello deben ser eliminados inmediatamente después del ordeño a la llegada de la leche a la planta procesadora. Los tamices colocados sobre los recipientes de las básculas de recibo de leche, o los instalados en la línea comprendida entre la báscula y el tanque de almacenamiento, retienen las partículas gruesas de suciedad formadas principalmente por paja, pelos, insectos y otros de tamaño considerable; los microorganismos y las células epiteliales pasan sin ningún problema a través del colador. El colado siempre es recomendable hacerlo antes de enfriar la leche recién ordeñada y en el momento del recibo en la planta. (Ibarz, A. 2005)

### **5. Filtración**

Tiene como finalidad eliminar las impurezas visibles formadas por pelos, partículas de excremento, partículas de vegetales y polvo que se encuentran en la leche. En la actualidad los filtros son muy usados en las granjas y en algunas plantas lecheras. Existen diferentes tipos de filtros formados por algodón comprimido, telas especiales u otro material, y pueden ser desechables o de un solo servicio. Los filtros tampoco eliminan las células epiteliales, los leucocitos ni los microorganismos, salvo los que están atrapados dentro de las partículas de suciedad. (Madrid, A. 2016)

## **6. Clarificado o depuración por centrifugación**

La eliminación de las impurezas por este sistema es más completa que las anteriores y puede separar hasta las partículas de cuatro micras de diámetro y entre ellas las sustancias proteicas precipitadas, suciedad insoluble, fibrinas, leucocitos, glóbulos rojos de la sangre, fragmentos de células y algunos microorganismos. El sedimento del clarificador no debe ser usado como alimento para animales debido a su alto contenido de microorganismos; debe ser eliminado o quemado. (Madrid, A. 2016)

## **7. Descremado o desnatado de la leche**

El descremado consiste en la separación de la crema y de la leche descremada a partir de la leche entera. El desnatado de la leche es efectuado gracias a la diferencia en gravedad específica de la grasa ( $G_{eg}=0.93$ ) y de la leche descremada ( $G_{ed}=1.035$ ), aprovechando la inestabilidad de la emulsión en que se encuentra la grasa de la leche. (Araneo, A. 1981)

## **8. Estandarización o normalización de la leche**

Este proceso es conocido también como tipificación, regulación o ajuste del contenido graso o de los sólidos no grasos de la leche. Esta regulación se lleva a cabo añadiendo o sustrayendo crema de la leche, añadiendo leche descremada en vez de sustraer la crema o mezclando leche descremada con crema. En el caso de la leche de consumo el porcentaje de grasa debe ser ajustado a la cantidad que exigen las normas del lugar; también la elaboración de algunos productos lácteos requiere de ajustes en el contenido graso o de sólidos no grasos de la leche. (Martínez, J. 2000).

## **9. Pasteurización de la leche**

Los términos pasteurización o pasterización derivan del nombre de Louis Pasteur, quien en 1860-1864 demostró que calentando el vino a cierta temperatura y por determinado tiempo se evitaba su descomposición. Posteriormente se encontró que todos los microorganismos patógenos presentes en la leche podían ser destruidos mediante el calentamiento de la leche, sin que esto alterara las propiedades de ella. Por definición, la leche pasteurizada es aquella que ha sido sometida a un tratamiento térmico específico y por un tiempo determinado para lograr la destrucción total de los organismos patógenos que pueda contener, sin alterar en forma considerable su composición, sabor, ni valor alimenticio. La pasteurización no corrige los defectos de la leche; solamente ayuda a conservar sus propiedades naturales mediante la destrucción del 90 al 99% de los microorganismos y el desactivado de varias enzimas, lo cual representa un aumento en la vida comercial del producto. (Araneo, A. 1981)

#### **10. Esterilización de la leche**

El objeto de la esterilización de la leche es su conservación por tiempo indefinido en envases herméticamente cerrados y a temperatura ambiente, ya que la esterilización destruye todos los microorganismos y las esporas que se encuentran en la leche. La leche destinada a la esterilización debe ser de buena calidad no, como algunas personas creen erróneamente, que la leche esterilizada proviene de leches que no sirven para otros productos. (Madrid, A. 2016)

Con el propósito de evitar la formación de sedimentos en el fondo del envase de la leche esterilizada es conveniente clarificar la leche para eliminar restos orgánicos como leucocitos, proteína precipitada y otros; también es recomendable que la leche sea homogenizada para evitar la separación de la grasa. (Mahan, A. 2009).

#### **11. Homogenización de la leche**

Es el proceso por el cual los glóbulos grasos son divididos y dispersados mecánicamente para hacer una emulsión más estable entre la grasa y la leche

descremada, prolongando así la aparición de la línea de crema en la leche envasada. Este proceso también afecta algunas propiedades físicas de la leche. (Madrid, A. 2016).

## C. MANJAR DE LECHE

### 1. Definición

El dulce de leche también conocido como manjar, manjar blanco, arequipe o cajeta es un dulce tradicional latinoamericano que corresponde a una variante caramelizada de la leche. Su consumo se extiende a todos los países de América Latina, a Francia donde se lo llama confiture de lait, y a aquellos lugares con minorías de esas nacionalidades, como España o los Estados Unidos. Este producto recibe diferentes nombres según el país en el que se consume y también presenta algunas variedades regionales. Es ampliamente utilizado en postres como alfajores, cuchuflíes, panqueques, tortitas, waffles, helados, pasteles o tortas. (Madrid, A. 2016).

Es un postre muy popular en algunos países y también sirve de relleno de algunos pasteles, tortas, ensaladas de frutas, o en su uso más común como jalea en tostadas. Existen diferentes sabores de manjar blanco, entre ellos los que tienen sabor a vainilla, miel de abeja, canela y cocoa; el manjar blanco puede variar de acuerdo a su contenido graso, siendo los más apetecidos aquellos que contienen más grasa, como se muestra en el (cuadro 4). (Mahan, L. 2009)

Cuadro 4. COMPOSICIÓN DE DIFERENTES MUESTRAS DE MANJAR

DETALLE	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Humedad	27	27	25
Grasa	4	8	10
SNG	27	25	25
Azúcar	42	40	40

Fuente: (Ibarz, A. 2005)

## **2. Elaboración**

El manjar blanco Zamorano es elaborado con 25 kilogramos de crema con 40% de grasa, 24.90 kilogramos de leche descremada en polvo con 95% de SNG, 40 kilogramos de azúcar, 10 kilogramos de agua y 0.10 kilogramos de sabor (miel de abejas). (Ibarz, A. 2005)

## **3. Procedimiento para la elaboración**

Para la elaboración del manjar de leche se debe aplicar la siguiente formulación y procedimiento:

- Pese cada uno de los ingredientes.
- Caliente el agua y la crema a 32.2° C (90° F).
- Mezcle el azúcar con la leche en polvo.
- Agregue los ingredientes sólidos y el sabor en forma lenta y con agitación constante.
- Caliente la mezcla hasta 71.1°C (160°F) durante 30 minutos, con agitación constante.
- Ponga el manjar en su envase definitivo.
- Almacene en las cámaras frías hasta el día siguiente.
- El manjar está listo para la venta. (Ibarz, A. 2005).

## **D. PROCESOS INDUSTRIALES ALIMENTICIOS**

### **1. Procesos**

Recibe el nombre de proceso el conjunto de actividades u operaciones industriales que tienden a modificar las propiedades de las materias primas, con el fin de obtener productos que sirvan para cubrir las necesidades de la sociedad. Estas modificaciones que se realizan a las materias primas naturales van encaminadas a la obtención de productos que tengan una mayor aceptación en el

mercado, o bien que presenten mayores posibilidades de almacenamiento o transporte. (Araneo, A. 1981)

El conjunto de necesidades primarias que deben satisfacer al ser humano, individualmente o en sociedad no ha variado excesivamente a lo largo de la historia, pues tanto la alimentación, vestido y vivienda eran necesarios al hombre primitivo como lo son al actual para su supervivencia como individuo. La satisfacción de estas necesidades se lleva a cabo empleando, transformando y consumiendo los medios de los que se dispone en el entorno natural. En un primer nivel, de escaso desarrollo social, eran utilizados los productos naturales directamente, o con sólo unas pequeñas modificaciones físicas artesanales. Este sencillo esquema productivo fue cambiando a medida que se desarrolló la sociedad, de forma que actualmente ya no se utilizan directamente las materias primas para satisfacer las necesidades, sino que éstas son sometidas a transformaciones físicas y químicas, que las cambian en otros productos de propiedades diferentes. De esta forma, no sólo las materias primas son las que cubren las necesidades del consumidor, sino también aquellos productos derivados de la manipulación de dichas materias primas. (Madrid, A. 2016)

## **2. Operaciones discontinuas, continuas y semi-continuas**

En los procesos de la industria, las operaciones llevadas a cabo pueden realizarse de diferentes modos. Se entiende como operación discontinua aquella en la que se carga la materia prima en el aparato, y después de realizarse la transformación requerida se descargan los productos obtenidos. Estas operaciones, llamadas también por cargas o intermitentes, se realizan en una serie sucesiva de etapas:

- Carga del aparato con las materias primas.
- Preparación de las condiciones para la transformación.
- Transformación requerida.
- Descarga de los productos.
- Limpieza del aparato.

La operación en discontinuo se desarrolla en régimen no estacionario, pues su propiedad intensiva varía con el tiempo. Un ejemplo de este modo de operar es el prensado de las semillas oleaginosas para obtener aceite. Las operaciones continuas son aquellas en las que las etapas de carga, transformación y descarga se realizan simultáneamente. La limpieza del aparato se efectúa cada cierto tiempo, dependiendo de la naturaleza de la transformación y de las materias a tratar. Para realizar la limpieza debe pararse la producción. Las operaciones continuas se desarrollan en régimen estacionario, de modo que las variables intensivas características de la operación pueden variar en cada punto del sistema, pero las que se dan en cada punto no varían con el tiempo. (Madrid, A. 2016)

En realidad, es difícil que se llegue a un estado de régimen estacionario absoluto, pues puede haber ciertas fluctuaciones inevitables. Un ejemplo de operación en continuo puede ser la rectificación de mezclas de alcohol-agua. En algunos casos es muy difícil llegar a operar en continuo, y sólo se llega de un modo aproximado. Esta forma de operar se denomina semi-continua. Puede ocurrir que algunos materiales se carguen en el aparato y permanezcan en él cierto tiempo, de forma discontinua, mientras que otros entran o salen continuamente. De vez en cuando se necesitará descargar aquellos materiales que se vayan acumulando. Así, en la extracción de aceite por disolventes, se carga la harina y se alimenta de forma continua el disolvente; al cabo de cierto tiempo la harina se agota de aceite y debe reemplazarse.

### **3. Evaporación**

La evaporación es una operación unitaria que consiste en la eliminación de agua de un alimento fluido mediante vaporización o ebullición. Son varios los alimentos que se obtienen en forma de soluciones acuosas, y que para facilitar su conservación y transporte se concentran en una etapa de eliminación de agua. Esta eliminación puede realizarse de diferentes formas, aunque es la evaporación uno de los métodos más utilizados. Los dispositivos para realizar esta eliminación de agua se denominan evaporadores. (Ibarz, A. 2005)

Un evaporador consta, esencialmente, de dos cámaras, una de condensación y otra de evaporación. En la de condensación un vapor de agua se transforma en líquido, con lo que cede su calor latente de condensación, el cual es captado en la cámara de evaporación por el alimento, del que se desea eliminar el agua. El agua evaporada abandona la cámara de evaporación a la temperatura de ebullición, al mismo tiempo que se obtiene una corriente de solución concentrada. El caudal de vapor vivo de agua es  $wV$ , mientras que  $wA$  es el del alimento, obteniéndose una corriente de vapor  $V$  y una de concentrado  $wC$ . El vapor desprendido  $V$  se lleva a un condensador donde condensa. Es importante resaltar que muchas soluciones alimentarias son termolábiles, y pueden quedar afectadas si son expuestas a una temperatura demasiado elevada. Es por ello que en muchos casos es conveniente operar a vacío en la cámara de evaporación, lo que hace que la temperatura de ebullición de la solución acuosa sea menor, y el fluido se vea afectado por el calor en menor grado. Si se opera a vacío, es necesario disponer de un dispositivo que lo realice. Asimismo, será necesario que, en el condensador utilizado en la condensación del vapor desprendido en la cámara de evaporación, se disponga de una columna barométrica que compense la diferencia de presiones con el exterior. (Madrid, A. 2016)

#### **4. Tipos de evaporadores**

En la industria alimentaria se utilizan diferentes tipos de evaporadores dependiendo del tipo de producto a obtener. (Mahan, L. 2009)

##### **a. Evaporador discontinuo**

El evaporador discontinuo, es quizás uno de los más simples y quizás el más antiguo de los utilizados en la industria alimentaria. El producto se calienta en un recipiente esférico rodeado de una camisa de vapor. El recipiente de calentamiento puede abrirse a la atmósfera o conectarse a un condensador o a un sistema de vacío. El vacío permite trabajar a menores temperaturas de ebullición del producto que cuando se trabaja a presión atmosférica, reduciendo el daño térmico en productos sensibles al calor. (Mahan, L. 2009)

El área de transmisión de calor por unidad de volumen en un evaporador discontinuo es pequeña, por lo que el tiempo de residencia del producto es generalmente muy alto, incluso de varias horas. El calentamiento del producto se produce principalmente por convección natural, obteniéndose bajos coeficientes de transmisión de calor. Las características de la transmisión de calor disminuyen sustancialmente la capacidad de procesamiento de este tipo de evaporadores. (Ibarz, A. 2005)

#### **b. Evaporador de circulación natural**

En los evaporadores de circulación natural se distribuyen tubos cortos en vertical, normalmente de 1 o 2 m de longitud, dentro de un cuerpo de vapor. La calandria (nombre con que se denomina a los tubos y el cuerpo de vapor) se localiza en el fondo del recipiente. Cuando se calienta el producto, éste asciende a través de los tubos por circulación natural mientras que el vapor condensa por el exterior de los tubos. El producto se va concentrando mientras se produce la evaporación dentro de los tubos. El líquido concentrado retorna a la base del recipiente a través de una sección anular central. El alimento líquido puede precalentarse antes de ser introducido al evaporador mediante un cambiador de calor tubular normal situado fuera del evaporador principal. (Mahan, L. 2009)

#### **c. Evaporador de película ascendente**

En un evaporador de película ascendente, pueden utilizarse alimentos líquidos de baja viscosidad, los cuales hierven en el interior de tubos verticales de 10-15 m de longitud. Los tubos se calientan con el vapor existente en el exterior, de tal manera que el líquido asciende por el interior de los tubos arrastrado por los vapores formados en la parte inferior. El movimiento ascendente de los vapores produce una película que se mueve rápidamente hacia arriba. Para alcanzar una película bien desarrollada es necesaria una diferencia de temperaturas entre el producto y el medio de calefacción de al menos 14°C. En este tipo de evaporadores se alcanzan elevados coeficientes de transmisión de calor,

pudiendo recircularse el alimento líquido hasta alcanzar la concentración deseada si ésta no se consigue en el primer paso. (Mahan, L. 2009)

#### **d. Evaporador de película descendente**

A diferencia de los evaporadores de película ascendente, los evaporadores de película descendente desarrollan una fina película de líquido dentro de los tubos verticales que desciende por gravedad, procesos necesarios en el tratamiento y procesado de la leche. (Madrid, A. 2016)

### **5. Procesado térmico de alimentos**

Uno de los problemas principales que se presentan en la Ingeniería Alimentaria es la destrucción de los microorganismos presentes en los alimentos, no sólo para prevenir su potencial contaminante, sino también con el objetivo primordial de preservar los alimentos durante períodos de tiempo lo más largo posibles. Para conseguir la destrucción de las formas esporuladas y vegetativas, los alimentos son tratados térmicamente, bien en el interior de envases o en forma continua, envasándose posteriormente en un envase aséptico. (Araneo, A. 1981)

Tanto si el tratamiento se realiza de uno u otro modo interesa obtener un producto final de alta calidad, minimizando las pérdidas de nutrientes y propiedades sensoriales. El procesado térmico de productos envasados se realiza en aparatos que utilizan vapor de agua o agua caliente como fluido calefactor. En el procesado aséptico los productos son inicialmente tratados térmicamente para luego ser llevados a un envase previamente esterilizado y finalmente sellado bajo condiciones ambientales estériles. (Revilla, A. 1982)

Esta es una técnica utilizada en fluidos como leche y zumos de frutas, aunque recientemente también se ha aplicado en productos alimentarios particulados. El procesado aséptico presenta diversas ventajas respecto al tratamiento térmico tradicional en envases, ya que el alimento sufre menos deterioro, los tiempos de

procesado son más cortos, se reduce el consumo energético y la calidad del producto tratado mejora y es más uniforme. Dentro del procesado térmico cabe distinguir la pasteurización y la esterilización. El primer término se utiliza para designar la destrucción térmica de microorganismos patógenos específicos, aunque el producto resultante no es estable si no se encuentra bajo refrigeración. La esterilización es el proceso por el que se obtienen productos estables sin necesidad de refrigeración. (Revilla, A. 1982)

## **6. Procesos mecánicos**

El almacenado de leche en tanques de diferente capacidad resulta indispensable para el inicio de la producción de parte de las industrias lecheras. La leche cruda se suele guardar en tanques de gran capacidad (100m<sup>3</sup>). También se suelen emplear tanques de la misma capacidad para conservar la leche desnatada, destinada a desecarla en forma de leche en polvo. La leche debe ser refrigerada a una temperatura de 4-6°C antes del llenado de los tanques, para permitir su conservación durante un mayor intervalo de tiempo sin perjuicios para la calidad. La conservación de leche para su consumo en fresco suele realizarse en tanques de hasta 40 m<sup>3</sup> de capacidad. El objetivo de la centrifugación es el control de la modificación del estado de distribución de las partículas coloidales, finas y gruesas, dispersas. Esta primera etapa del proceso sirve para purificar la leche de ordeño, separar los glóbulos de grasa (nata) de la leche y los componentes proteicos coagulados y el suero lácteo, para lo que se emplean centrífugas de discos, desnatadoras. (Mahan, L. 2009)

## **7. Procesos de transferencia de calor**

Durante el tratamiento y el procesado de la leche los procesos térmicos desempeñan un papel fundamental (calentamiento, enfriamiento, secado), distinguiéndose dos aspectos en la fijación de objetivos:

- Procesos unitarios térmicos para provocar transformaciones físicas;

- Procesos unitarios térmicos para reducir o interrumpir las transformaciones de naturaleza microbiana y enzimática en el sistema físico.

Los procesos de calentamiento intervienen en distintos procedimientos para lograr una temperatura óptima del proceso o para llevar a cabo la pasteurización o esterilización del producto, como se muestra en el (cuadro 5). Durante el mismo, y en función de la temperatura se dan, algunas interacciones no deseadas Para detener la multiplicación de gérmenes se emplea la refrigeración de la leche en casi todas las fases de tratamiento y procesado. (Madrid, A. 2016)

Cuadro 5. PROCEDIMIENTO DE CALENTAMIENTO DE LECHE

Procedimiento	Temperatura	Duración del calentamiento
	°C	s
Pasteurización	57-68	> 15
Termización		1.800
Pasteurización prolongada	62-65	> 15
Calentamiento en tiempo breve	71-74	
Calentamiento intenso	85	8-10
Esterilización		
Ultracalentamiento	140-150	2-4
Esterilización en botella	110-120	1.200-24.000

Fuente: (Ibarz, A. 2005)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación, se realizó en la Planta de Lácteos Tunshi, perteneciente a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicados en el kilómetro 12 de la vía Riobamba Licto, Provincia de Chimborazo, con una longitud de 79° 40´ Oeste, una longitud de 0.1° 65´ Sur y una altitud de 2.750 m.s.n.m. Las condiciones meteorológicas de la Estación Experimental Tunshi se describen a continuación en el (cuadro 6).

Cuadro 6. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TUNSHI

PARÁMETROS	VALORES PROMEDIOS
Temperatura, °C	13.10
Precipitación, mm	558.60
Humedad relativa, %	71

Fuente: (Garcés, 2011)

La presente investigación fue ejecutada en un lapso de 60 días, en el cual se desarrollaron las siguientes etapas principales: diseño del equipo, construcción del equipo, implementación del equipo, evaluación del equipo y elaboración del manual.

#### B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Para la evaluación de la eficiencia del equipo se realizó con una cantidad de 40 l de leche, que permite conocer las condiciones de Operación del equipo. En lo referente a las condiciones de calidad del producto elaborado (manjar de leche), se tomaron muestras de dicho producto con una cantidad de 250 g, las cuales actuaron como unidades experimentales.

### **C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES**

Los materiales, equipos e instalaciones que se utilizaron en la presente investigación fueron:

#### **1. Materiales**

- AUTOCAD
- Planchas de Acero inoxidable
- Suelda TIC
- Diario de campo

#### **2. Equipos**

- Evaporador
- Balanza analítica
- Brixómetro
- Flexómetro
- Calibrador
- Termómetro
- Computadora
- Impresora
- Cronómetro

#### **3. Insumos**

- Leche

- Azúcar
- Bicarbonato de sodio
- Canela

#### **D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

La presente investigación se desarrolló en un Taller de Mecánica ubicado en la ciudad de Riobamba, lugar dónde se diseñó y construyó. En cuanto a la instalación y evaluación del evaporador se realizó en la Planta de Lácteos Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH para la elaboración de manjar de leche, por lo que en el presente proyecto no se dispuso de la formulación de tratamientos experimentales, más bien, respondió al estudio de un diseño de procesos para la construcción y evaluación de la eficiencia del equipo en la elaboración de manjar de leche.

#### **E. MEDICIONES EXPERIMENTALES**

Para la evaluación de la calidad del producto (manjar de leche) y las condiciones de operación del equipo se realizó la evaluación de los siguientes parámetros dentro de las unidades experimentales, dichos parámetros son representativos de la calidad del derivado lácteo a elaborar:

- Humedad, (%).
- Sólidos Totales, (%).
- Cenizas, (%).
- Tiempo de evaporación, (h).
- Temperatura de evaporación, (°C).
- Productividad (kg/h)
- Eficiencia del Equipo (%)

## **F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA**

En vista a que la presente investigación respondió a un modelo de diseño de procesos para la construcción y evaluación de un equipo para la evaporación de leche y obtención de manjar no se requirió la aplicación de tratamientos para la evaluación de las etapas de la investigación, no obstante, los datos obtenidos en las mediciones experimentales fueron tratados con los siguientes estadísticos para el procesamiento y análisis de los mismos:

- Mediana
- Moda
- Desviación estándar
- Coeficiente de variación.
- T-student

## **G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL**

### **1. Diseño del equipo**

Para poder realizar el diseño del equipo se inició desde parámetros referenciales tomados de formulaciones de manjar existentes en la bibliografía, para ello se fijó una capacidad de 50L por lote tratado dentro del equipo. Dentro del diseño se buscó especificar las dimensiones de la cámara de evaporación, chaqueta de calentamiento, calentador y sistema eléctrico y electrónico para el calefactor y automatización del equipo.

### **2. Construcción del equipo**

Para la construcción del equipo se utilizó un taller de metal-mecánica calificado para realizar dicho trabajo, se optó por localidades cercanas al laboratorio donde se implementará el equipo (Planta de Lácteos Tunshi-ESPOCH). Los materiales con los que se construyó el equipo debían ser resistentes a la corrosión producto de la contención de las materias primas y las condiciones de operación. Además,

se procuró la utilización de materiales que aseguren la vida útil del evaporador, considerando la facilidad en el mantenimiento y condiciones de seguridad en la operación.

### **3. Instalación del equipo**

Para la implementación del equipo construido se inició con la adecuación de la zona donde se instaló el equipo, para ello se remplazaron las tomas de corriente específicas, las cuales debían asegurar la inexistencia de fugas de corriente y contactos eléctricos accidentales, posteriormente se realizó la fijación de las tomas de agua, para lavado y alimentación del equipo, además se implementó el manual de Funcionamiento para facilitar la operación del equipo.

### **4. Evaluación de la operación del equipo**

Una vez que se verificó la correcta instalación del equipo y la implementación de las instalaciones de energía y agua se procedió al arranque del equipo en base a las especificaciones del constructor. Cuando el equipo se encontraba en perfecto funcionamiento se realizó la operación de evaporación de la leche para la obtención del majar en base a la formulación establecida en el diseño, respetando las condiciones de operación. Una vez obtenido el producto se realizó la valoración de las mediciones experimentales para conocer la calidad del producto y relacionar la misma con el consumo energético del equipo determinando de esta manera la eficiencia de operación del evaporador.

## **H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN**

### **1. Determinación de cenizas**

#### **a. Aplicación**

La determinación de la ceniza en el producto final (manjar de leche) permitió conocer la calidad del proceso de evaporación, es decir, la eficiencia de la principal función del equipo, que consiste en incrementar la cantidad de sólidos totales y ceniza.

#### **b. Procedimiento**

- Poner a masa constante un crisol de porcelana, perfectamente limpio, introduciéndolo a la mufla a  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, durante una hora; extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a  $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , durante al menos 15 minutos. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Determinar la masa del crisol en balanza analítica con aproximación de miligramos.
- Tomar una muestra representativa de dos gramos previamente secada y determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica con aproximación a miligramos.
- Incinere la muestra utilizando un mechero hasta que no emita humo y las paredes del crisol estén blancas.
- Introducir el crisol, con la muestra calcinada, a la mufla a  $550^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, durante una hora; extraer el crisol de la mufla e introducirlo a una estufa a  $125^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , durante al menos 15 minutos. Pasar el crisol al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
- Determinar el peso del crisol y del espécimen calcinado en balanza analítica con aproximación de miligramos.

#### **2. Determinación de la humedad**

### **a. Aplicación**

La determinación de la humedad en el producto represento la eficiencia del equipo en la eliminación del agua, en vista a que el manjar figura un producto alimenticio de humedad inferior a la que registra la leche.

### **b. Procedimiento**

- Se debe limpiar las cápsulas perfectamente y secarlas en la estufa a 103 °C una varilla de vidrio, durante dos horas. Después de este tiempo se debe enfriar las mismas en desecador hasta temperatura ambiente, para posteriormente pesar (cápsula y varilla) en una balanza analítica. La manipulación debe hacerse con pinzas.
- Se coloca en la cápsula con la varilla de vidrio, entre 5-10 g de muestra que previamente habrá sido triturada. Se mezcla la muestra forma que quede bien disgregada y no se forme una costra superficial al calentarse.
- Se introduce la cápsula en la estufa a  $103 \pm 2$  °C o a 70 °C si se utiliza vacío y se mantiene entre 3 y 6 horas, dependiendo del tipo de alimento. El uso de vacío permite acelerar el secado y limitar las reacciones de oxidación. Transcurrido este tiempo, se saca la cápsula de la estufa y se deja en un desecador, para proceder a pesar cuando se alcance la temperatura ambiente. El secado y pesado se van repitiendo hasta que la toma de dos pesos consecutivos registren el mismo valor. En ese momento se sabrá que toda el agua del alimento ha sido extraída.

## **3. Determinación de los sólidos totales**

### **a. Aplicación**

En la elaboración del manjar de leche se debió adicionar a la materia prima azúcar para modificar la concentración de los sólidos y las características organolépticas, es por ello que para conocer la correcta dosificación de los insumos se realizó la valoración de los sólidos totales.

#### **b. Procedimiento**

- Pesar una pequeña cantidad de leche en el platillo de una balanza de precisión.
- Evaporar la humedad en una estufa o en un baño María, hasta que el peso de la muestra sea constante.
- Calcular el porcentaje de sólidos totales.

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Para verificar la eficiencia que presenta el equipo de evaporación se ejecutó el proceso de obtención del manjar de leche en base a la metodología especificada dentro del diseño, paralelamente se elaboró el mismo producto utilizando una metodología tradicional, para posteriormente realizar la valoración de los parámetros de calidad más importante en función al tipo de alimento procesado (manjar de leche) y comparar los resultados obtenidos entre metodologías.

##### **A. HUMEDAD, (%).**

El parámetro más representativo de la calidad del manjar de leche es el contenido de humedad, en vista a que la principal operación que se aplica en el procesamiento de la leche para la obtención de dicho producto está representada por la evaporación (remoción del contenido de agua del producto por calentamiento de la materia prima).

El porcentaje de humedad en los productos alimenticios representa uno de los parámetros de calidad más importante a analizar, en vista a que representan indirectamente la vida de anaquel que presentara el producto, la palatabilidad e incluso la eficiencia en el proceso de evaporación. En el primer caso (vida de anaquel) la humedad refleja la viabilidad que presenta el producto para el desarrollo microbiológico perjudicial (es decir los microorganismos degradantes), en vista a que en medios alimenticios con bajo contenido de humedad el metabolismo microbiano se ve disminuido notablemente, incluso la actividad química degradante se ve desacelerada por la disminución del contenido de humedad.

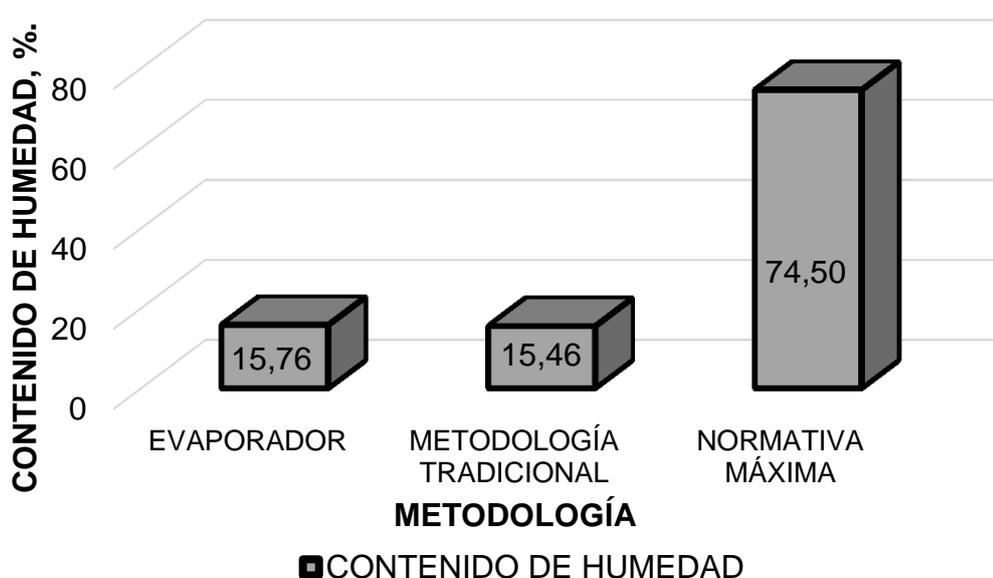
En el segundo caso, la humedad (representada por el contenido de agua del alimento) es un medio lubricante y de dispersión que genera la sensación al gusto, es decir la palatabilidad del alimento. En el tercer caso, la principal operación dentro de la producción de manjar de leche está representada por la remoción de la evaporación de una fracción del contenido del agua (es decir la

evaporación), en el caso que se incremente la velocidad de remoción del agua por calentamiento, se incrementara también la eficiencia en el proceso.

En el (cuadro 7) y (gráfico 1) se describe los resultados de la valoración de la humedad de los productos obtenidos con la aplicación del equipo evaporador frente a la aplicación de una metodología tradicional, donde se evidencia que al utilizar la metodología tradicional se obtiene un producto con una humedad promedio igual a 15,46%; en tanto que al aplicar el evaporador se obtiene un producto con una humedad igual a 15,76%.

**Cuadro 7. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR**

<b>METODOLOGÍA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO, %</b>
EVAPORADOR	muestra 1	13,04
	muestra 2	18,48
<b>PROMEDIO</b>		15,76
METODOLOGÍA TRADICIONAL	muestra 1	13,45
	muestra 2	17,44
<b>PROMEDIO</b>		15,46



**Gráfico 1.** Comparación del contenido de humedad del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.

Los resultados obtenidos en la calidad del producto (reflejada por el contenido de humedad) son muy similares entre las metodologías aplicadas, es decir, que el manjar de leche obtenido presentara una calidad similar al aplicar una metodología tradicional frente a la aplicación del evaporador, calidad que cumple los estándares establecidos por la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN: 700. 2011), en la cual se especifica que para ser aceptado un manjar de leche debe contener como máximo 74,50% de humedad. (NTE INEN, 2011)

## B. SÓLIDOS TOTALES, (%)

En el (cuadro 8) y (gráfico 2) se describe los resultados de la valoración del contenido de sólidos totales de los productos obtenidos con la aplicación del equipo evaporador frente a la metodología tradicional, donde se evidencia que al utilizar la metodología tradicional se obtiene un producto con una cantidad de sólidos totales promedio igual a 84,56%; en tanto que al aplicar el evaporador se obtiene un producto con una humedad igual a 84,25%.

Cuadro 8. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE SÓLIDOS TOTALES DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR.

METODOLOGÍA	MUESTRA	RESULTADO, %.
EVAPORADOR	muestra 1	86,96
	muestra 2	81,54
Promedio		84,25
METODOLOGÍA TRADICIONAL	muestra 1	86,55
	muestra 2	82,56
Promedio		84,56

Los valores obtenidos en la cuantificación de la calidad del manjar de leche (reflejado por el contenido de sólidos totales) son muy similares para la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del evaporador, lo cual es indicativo de que el producto obtenido por ambas metodologías tendrá similar calidad y el consumidor no presentará preferencia por alguno de los dos productos. Además, al comparar los valores del contenido de sólidos totales con los estándares establecidos en la normativa NTE INEN 700:2011 se puede

concluir que el producto obtenido tanto con la aplicación de la metodología tradicional como el evaporador cumple con la calidad exigida por los organismos de control nacional, en vista a que dentro de la normativa se especifica que como mínimo el manjar de leche debe presentar un contenido de sólidos igual a 25.50% para ser aceptado.

En conjunto con la humedad, el contenido de sólidos totales es el parámetro más representativo de la calidad en productos que han sido procesados mediante operaciones de secado, es vista a que dicha operación se aplica para, por una parte, eliminar el contenido de humedad, y por otra, concentrar los sólidos presentes en el alimento. Ambos efectos generados sobre el alimento incrementan la vida de anaquel, ya que al eliminar el agua se minimiza el medio en el cual se desarrollan los principales microorganismos degradadores y al concentrar los sólidos se minimiza la biodisponibilidad de agua para dichos microorganismos.

La humedad presente en los alimentos se clasifica en dos tipos principales, la humedad libre y la humedad ligada. La humedad libre es el contenido de agua presente en los alimentos que no se encuentra ligada química o físicamente a ningún otro elemento, es decir que las moléculas de agua de la humedad libre pueden ser directamente aprovechables por los microorganismos. En tanto que la humedad ligada representa la cantidad de agua dentro del alimento que se encuentra de alguna manera ligada a otras moléculas del alimento, es decir, que no está directamente disponible para el aprovechamiento de los microorganismos.

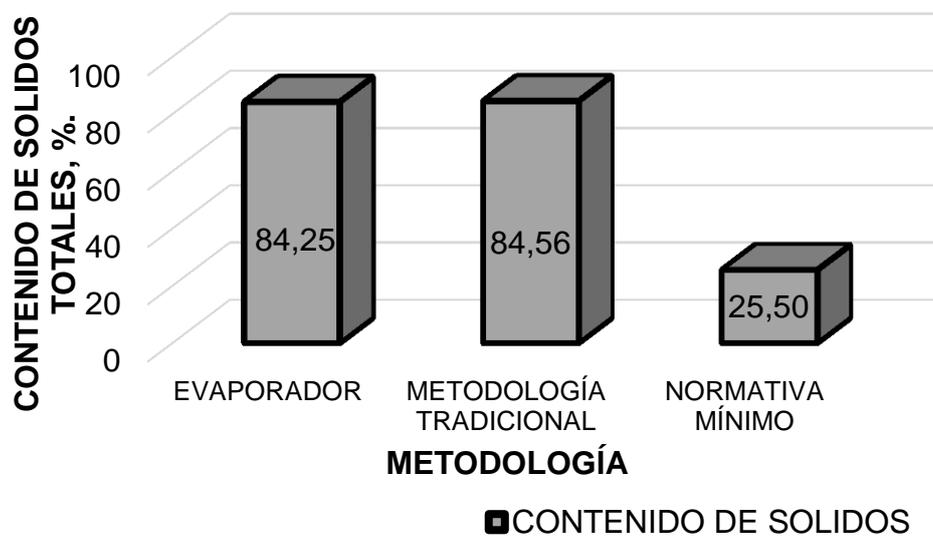


Gráfico 2. Comparación del contenido de sólidos totales del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.

Es por ello que al incrementar el contenido de sólidos totales dentro de un alimento (por evaporación del agua o adición de sólidos como el azúcar) se minimiza la cantidad de agua libre, en vista a que los sólidos para poder ser disociados o disueltos requieren enlazarse a moléculas de agua libre, transformando la humedad libre en humedad ligada, la cual no estaría disponible para los microorganismos, retardando el desarrollo microbiano e incrementando la vida de anaquel, es porque al procesar la leche (materia prima) se obtiene un producto de mayor calidad y tiempo de preservación.

### C. CONTENIDO DE CENIZAS, (%).

En el (cuadro 9) y (grafico 3) se describe los resultados de la valoración del contenido de cenizas de los productos obtenidos con la aplicación del equipo evaporador frente a la aplicación de una metodología tradicional.

Cuadro 9. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE CENIZA DEL MANJAR DE LECHE OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL FRENTE A LA APLICACIÓN DEL EQUIPO EVAPORADOR.

<b>METODOLOGÍA</b>	<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO, %.</b>
EVAPORADOR	muestra 1	0,22
	muestra 2	0,44
<b>Promedio</b>		0,33
METODOLOGÍA TRADICIONAL	muestra 1	0,27
	muestra 2	0,44
<b>Promedio</b>		0,36

Al comparar los datos obtenidos del contenido de ceniza de los productos (manjar de leche) con la aplicación de las metodologías analizadas (tradicional y evaporador) con los estándares de calidad establecidos en la normativa NTE

INEN 700:2011 se verifica que ambas metodologías generan un producto que cumple con la calidad exigida, en vista a que la normativa establece un mínimo de ceniza igual a 0% para ser aceptado el producto.

En general los parámetros de calidad (establecidos por el análisis de los resultados físico-químicos del manjar de leche) de los productos generados por la metodología tradicional y el evaporador están estrechamente similares que se puede concluir que el consumidor no determinará diferencia alguna al degustar el manjar de leche, por lo tanto, no existirá diferencias entre cada uno de los productos. La mínima diferencia, de orden decimal, en los valores numéricos obtenidos en el análisis proximal del producto de ambas metodologías se debe únicamente a errores inevitables en los análisis de laboratorio, diferencias en la calidad de la materia e insumo, divergencias que no reflejan que alguna metodología genere un producto de mejor calidad.

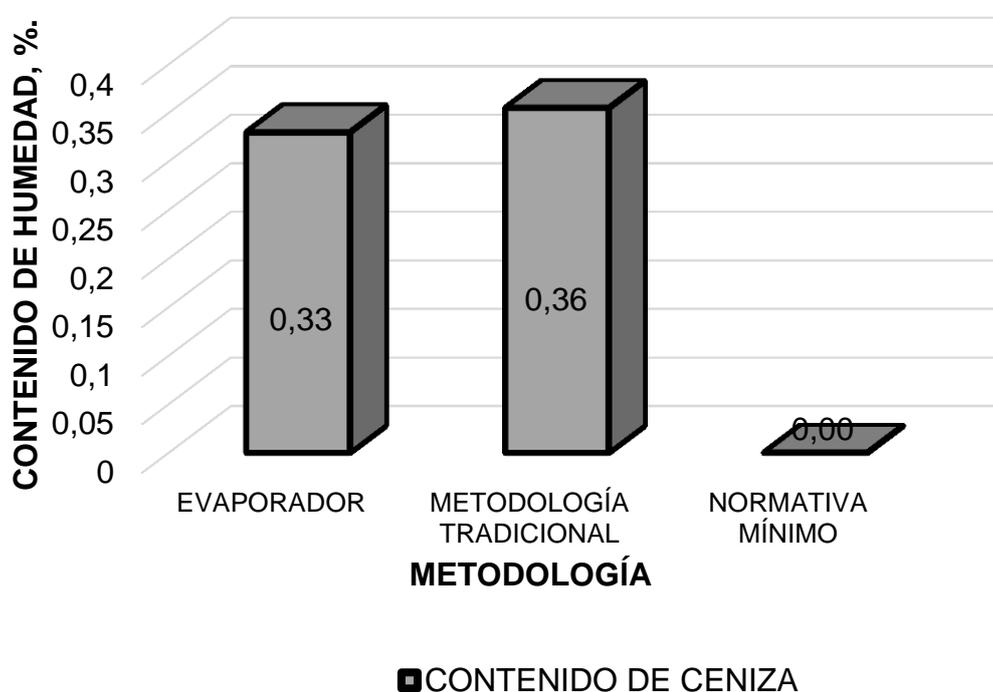


Gráfico 3. Comparación del contenido de cenizas del manjar de leche obtenido con la aplicación de una metodología tradicional frente a la aplicación del equipo evaporador y el valor de la normativa.

Cuadro 10. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DEL RESULTADO DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE MANJAR DE LECHE OBTENIDOS A CON LA APLICACIÓN DEL EVAPORADOR Y UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL.

ESTADÍSTICOS	HUMEDAD		CENIZAS		SÓLIDOS TOTALES	
	Evaporador	Metodología tradicional	Evaporador	Metodología tradicional	Evaporador	Metodología tradicional
Media	15,76	15,45	0,33	0,355	84,250	84,555
Mediana	15,76	15,45	0,33	0,355	84,250	84,555
Moda	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
Desviación estándar	3,85	2,82	0,155563492	0,120208153	3,833	2,821
Varianza de la muestra	14,80	7,96	0,0242	0,01445	14,688	7,960

Al realizar una la prueba de T-student a las medias de los resultados físico-químicos de las muestras de manjar de leche se puede indicar que la calidad del producto no difiere entre las metodologías analizadas, en vista que para el caso del análisis del contenido de humedad, ceniza y solidos totales no existen diferencias estadísticas entre las medias de la metodología tradicional frente a la aplicación del equipo de evaporación, como se muestra en el (cuadro 11).

Cuadro 11. RESUMEN PRUEBA T-STUDENT PARA DOS MUESTRAS EMPAREJADAS

Variables	Métodos				t Cal	Prob. T	Sign.
	Evaporador		M. Tradicional				
Humedad, %	15.75	3.83	15.45	2.82	0.43	0.37	ns
Cenizas, %	0.33	0.16	0.26	0.02	0.60	0.33	ns
Solidos Totales,%	84.25	3.83	84.56	2.82	-0.43	0.37	ns

En base a los resultados de la prueba T-student se puede manifestar que, tanto nutricionalmente, funcionalmente y sensorialmente, el producto obtenido con la aplicación de la metodología tradicional y el equipo de evaporación presentan las mismas características de calidad, por ende los consumidores no presentaran una tendencia hacia el consumo de uno u otro producto, es decir, aceptaran el manjar de leche obtenido por medio del equipo de evaporación en el mismo grado con que aceptan el producto tradicional, lo cual permitirá integrar dentro del mercado el manjar de leche obtenido con el equipo de evaporación sin registrar dificultades.

#### D. TIEMPO DE EVAPORACIÓN, (h).

Para verificar la eficiencia energética y operacional del equipo de evaporación para la elaboración de manjar de leche se procedió a la valoración del tiempo requerido para procesar un lote de manjar con dos metodologías, en la primera se utilizó el equipo objeto de estudio y en la segunda se aplicó una metodología tradicional, utilizando para ambos casos la misma formulación, la cual se detalla en el (cuadro 12).

Cuadro 12. FORMULACIÓN APLICADA PARA LA PRODUCCIÓN DE MANJAR

DETALLE	RELACIÓN DE FORMULACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
Leche	1	30.84	Kg
Azúcar	0.25	10	Kg
Bicarbonato de sodio	0.001	0.03	Kg
Canela	0.001	0.03	Kg

Para la valoración del tiempo de producción se establecieron dos principales etapas a considerar, en la primera etapa dura desde que se inicia con el calentamiento de la materia prima hasta la obtención de un producto con un valor de grados Brix igual a 70, en tanto que la segunda etapa se mide desde la obtención del producto con a 70° Brix hasta que el enfriamiento del manjar hasta temperatura ambiente. El tiempo total de producción es igual a la suma de los tiempos que tardaron en ejecutarse cada una de las etapas.

Al aplicar una metodología tradicional de producción de manjar se requiere de un tiempo mayor frente al requerido en la obtención del mismo producto aplicando el equipo de evaporación objeto de estudio de la presente investigación, en vista a que al aplicar el método tradicional se requiere un tiempo igual a 5.1h en tanto que al utilizar el equipo evaporador se requiere un tiempo igual a 3.99h, como se muestra en el (cuadro 13) y (gráfico 4).

Cuadro 13. RESULTADO DE LA COMPARACIÓN ENTRE EL TIEMPO REQUERIDO PARA LA PRODUCCIÓN DE MANJAR DE LECHE CON LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO DE EVAPORACIÓN Y UNA METODOLOGÍA TRADICIONAL.

<b>METODOLOGÍA</b>	<b>TIEMPO DE EVAPORACIÓN</b>	<b>TIEMPO DE ENFRIAMIENTO</b>	<b>TIEMPO TOTAL</b>
Método tradicional	5.1 h	0.48 h	5.58 h
Aplicación del evaporador	3.58 h	0.41 h	3.99 h

La valoración del tiempo de producción es vital para la valoración de la productividad y eficiencia de un proceso, en vista a que dentro de la industria los periodos de tiempo que se requieren para ejecutar una etapa, proceso, tarea o actividad se traducen en costos (de mano de obra, energéticos, utilización de maquinaria, consumo de insumos, entre otros) lo cual se traduce en costos finales del producto o aceptación del mismo por parte de los consumidores.

En el caso en el cual se disponga de dos metodologías aplicables para la obtención de un mismo producto es mucha más eficiente y mejora la productividad aquella que requiera un menor tiempo para la ejecución de las etapas establecidas dentro de la metodología, en vista a que se requerirá de menor mano de obra (reflejada en costos hora/hombre), maquinaria (reflejada en costos de operación, mantenimiento, consumo de insumos, depreciación y desgaste), energía (reflejada en costos de compra de combustibles para la generación de energía o compra de energía directa) por unidad de producto elaborado, siendo un proceso más restable y competitivo.

La principal razón operativa para que existan diferencias en el tiempo de procesamiento del manjar de leche con las dos metodologías analizadas (utilizando el equipo de evaporación y utilizando una metodología convencional) se debe a la forma en que se trasmite el calor al producto en procesamiento. Debido al diseño con que fue construido el equipo el área de contacto con entre la materia procesada y las paredes de la cámara de calentamiento es mayor, lo cual asegura una mayor cantidad de calor transferido y absorbido por el producto.

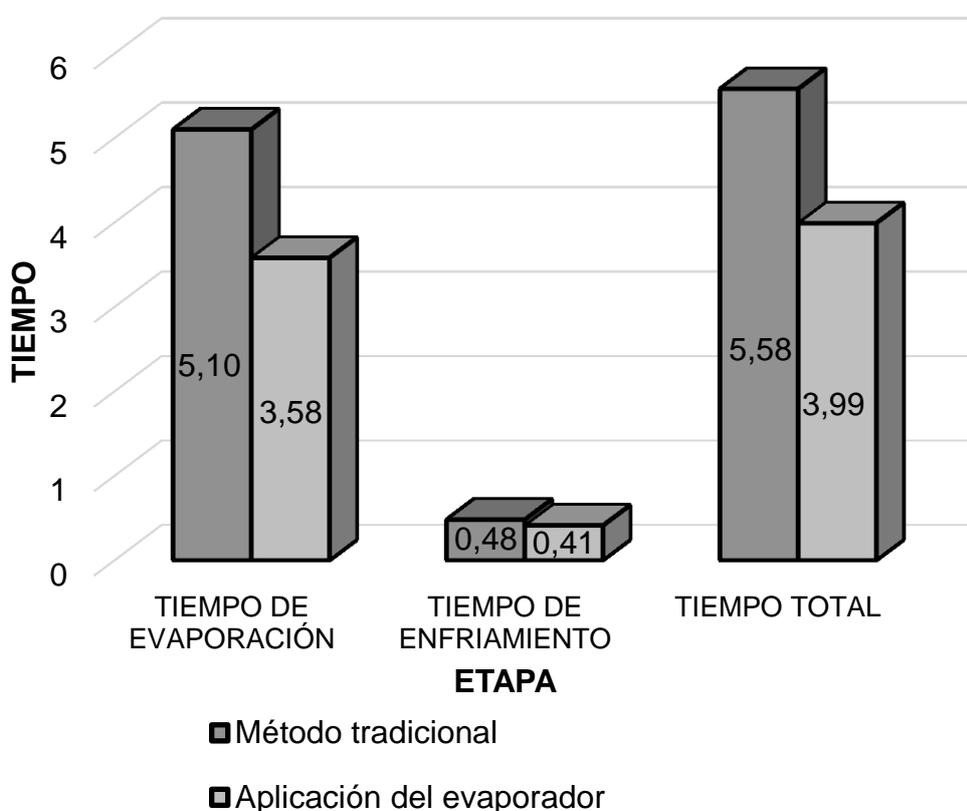


Gráfico 4. Comparación entre el tiempo requerido para la producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.

El calor (energía requerida para la evaporación de la leche y obtención del manjar) es suministrado a la materia prima en procesamiento por dos vías principales. En primer lugar, la chaqueta de calentamiento contiene un fluido de calentamiento (generalmente vapor a presión mayor a la atmosférica) el cual al estar en contacto con la cara externa de la cámara de evaporación le transfiere calor a la misma. Al generarse el calentamiento de las paredes de la cámara de evaporación desde la cara externa (la cual está en contacto con el fluido de calentamiento) se genera el calentamiento de la materia prima que se encuentra en procesamiento en el interior de dicha cámara, acción que se ve ampliamente favorecida por la agitación.

Los principios principales que generan el procesamiento más eficiente (en función al tiempo y gasto energético) del equipo de evaporación sobre la aplicación de

una metodología convencional se basan principalmente en tres factores del proceso:

- Chaqueta de la cámara a presión.
- Agitación.
- Mayor área de contacto entre la materia prima en procesamiento y las zonas de la cámara que están en contacto con el fluido de calentamiento.

Para el primer factor (chaqueta de la cámara a presión) se puede indicar que en los gases que se encuentran a presión la temperatura es mayor a los gases que se encuentran a presión atmosférica. Esto favorece a la eficiencia del proceso en vista a que dentro de la chaqueta de calentamiento el vapor de agua (fluido de calentamiento) se encuentra a una presión mayor a la atmosférica, por ser una cámara cerrada completamente, frente a la presión atmosférica a la cual se encuentran los gases de combustión de los quemadores (fluido de calentamiento) que se utilizan en la metodología convencional, por ende, la temperatura que alcanza el fluido de calentamiento será superior en el primer caso (evaporador) frente al segundo caso (metodología convencional).

Para el segundo factor (agitación de la cámara de evaporación) se puede indicar que el calentamiento de los líquidos a través de las paredes del recipiente que los contiene se produce por medio de corrientes de masa internas que transmiten el calor hacia zonas del fluido que no están en contacto con las paredes del recipiente calefactor desde las zonas que si lo están. El proceso antes descrito se da de manera natural al existir diferencias de temperatura en los estratos internos del fluido, no obstante, la velocidad de transmisión del calor se puede incrementar ampliamente se incrementa la velocidad de las corrientes de masa internas que llevan el calor, lo cual se logra ampliamente con la aplicación de agitación externa constante, como es el caso del equipo de evaporación.

#### **E. TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN, (°C).**

Para verificar la eficiencia del equipo se realizó la comparación entre las principales variables de proceso (tiempo y temperatura de procesamiento) al aplicar una metodología tradicional en la obtención de manjar frente a la utilización del equipo de evaporación. La temperatura representa una de las variables más importantes dentro de la producción del manjar de leche en vista a que para la obtención de dicho producto se debe eliminar una gran cantidad de humedad de la materia prima (leche). La velocidad de remoción de la humedad es función directa de la temperatura, lo cual representa que al procesar la leche a elevadas temperaturas la velocidad de remoción de humedad y por ende la obtención de los productos será mayor.

Al aplicar la metodología tradicional para la obtención de manjar de leche se alcanzó una temperatura de procesamiento que oscilo entre los 100 y 121°C, valor que son inferiores a los alcanzados al utilizar el evaporador, ya que con dicha metodología de procesamiento se alcanzó una temperatura de procesamiento que oscilo entre los 175°C y 200°C, como se muestra en el (cuadro 14) y (gráfico 5).

Cuadro 14. VALORES DE LA TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO DE LA METODOLOGÍA TRADICIONAL Y EL EQUIPO EVAPORADOR EN LA OBTENCIÓN DE MANJAR DE LECHE.

<b>METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO</b>	<b>TEMPERATURA DE PROCESAMIENTO</b>	<b>PESO INICIAL</b>	<b>PESO FINAL</b>
Método tradicional	100°-121°C	30.84 kg	15.7 kg
Evaporador	175°-200°C	30.84 kg	15.7 kg

La principal razón por la cual en el proceso de producción de manjar de leche con la aplicación de un equipo evaporador se obtengan mayores temperaturas frente a la aplicación de una metodología tradicional se debe en gran medida a la chaqueta de calentamiento y la agitación.

En el evaporador se dispone de una chaqueta de calentamiento a presión mayor a la atmosférica lo cual genera que el fluido de calentamiento (y por ende las paredes internas y externas de la cámara de evaporación) alcancen valores

superiores referentes a la temperatura de los que se puede alcanzar a presión atmosférica (como es el caso de la metodología tradicional). A más de ello la agitación continua por medio de espas y el mezclado continuo genera que se puede alcanzar valores de temperatura de procesamiento superiores a la temperatura de ebullición de la materia prima sin generar derrames del contenido de la cámara de evaporación, debido a que al generarse la ebullición de la materia prima que se encuentra en contacto con las paredes de la cámara de evaporación se genera el cambio de fase de estado líquido a gaseoso de manera repentina. Dicho producto de la ebullición (que principalmente es vapor de agua) por la diferencia en las densidades con la fase líquida asciende a través de la cámara de evaporación hasta abandonar la fase líquida. Se dicho transporte del vapor de agua se realiza de manera violenta se generan burbujas de gas que incrementa ampliamente el volumen del contenido de la cámara de ebullición a una tasa tan elevada que se generan derrames, lo cual obliga a disminuir la temperatura para evitar dicho derrame. No obstante, y debido a la agitación constante, se extraen los gases más rápidamente que la velocidad de formación de las burbujas de ebullición impidiendo de esta manera que el contenido se derrame y permitiendo subir la temperatura de procesamiento.

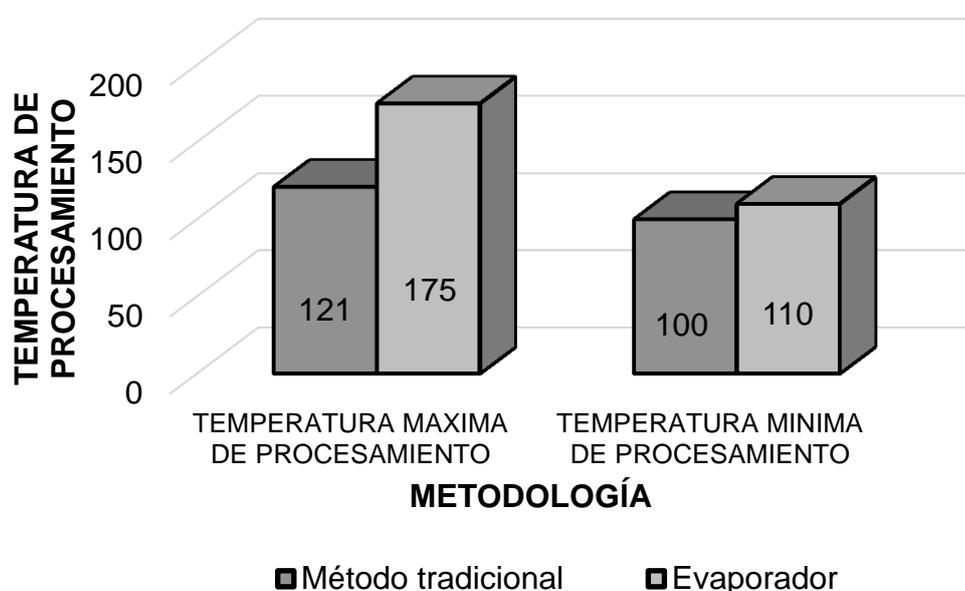


Gráfico 5. Comparación entre la temperatura mínima y máxima de procesamiento para la producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.

## F. PRODUCTIVIDAD, (kg/h)

Al verificarse que se requiere de un tiempo menor en el procesamiento del manjar de leche al aplicar el equipo evaporador frente a una metodología tradicional se puede concluir que la eficiencia y capacidad de producción que presenta el equipo es superior a una metodología tradicional. Para determinar el incremento en la producción que generara el equipo de evaporación al reemplazar a una metodología tradicional en la obtención de manjar de leche se determinó primeramente las corrientes de producción, en base a la siguiente relación matemática.

$$P = \frac{P_F}{t}$$

### Donde:

$P$ : Corriente de producción

$P_F$ : Peso de producto obtenido por lote

$t$  : Tiempo de procesamiento de un lote

Para el caso del equipo de evaporación la corriente de obtención de producto fue igual a:

$$P_B = \frac{15.7 \text{ kg}}{4 \text{ h}}$$

$$P_B = 3.93 \text{ kg/h}$$

En tanto que al utilizar la metodología tradicional la velocidad de obtención del producto fue igual a:

$$P_A = \frac{15.7 \text{ kg}}{5.58 \text{ h}}$$

$$P_A = 2.81 \text{ kg/h}$$

Valores que son evidencia reiterativa de la optimización en el proceso de obtención del manjar de leche que se genera al utilizar el equipo de evaporación frente a una metodología tradicional, ya que para por cada hora el equipo se puede obtener con el equipo de evaporación 3.93 Kg de manjar, en tanto que en el mismo tiempo de periodo se obtienen únicamente 2.81 Kg de producto al utilizar la metodología tradicional, como se muestra en la figura 6.

Para lograr cuantificar el incremento en la producción de manjar de leche al implementar un equipo de evaporación frente al utilizar una metodología tradicional se aplicó la siguiente ecuación matemática

$$\Delta P = \left( \frac{P_B}{P_A} - 1 \right) \times 100$$

**Donde:**

$\Delta P$ : Incremento en la productividad

$P_B$ : Corriente de producción utilizando el equipo de evaporación

$P_A$ : Corriente de producción al aplicar la metodología tradicional

Conociendo los valores de las incógnitas se determinó que el incremento de la productividad.

$$\Delta P = \left( \frac{P_B}{P_A} - 1 \right) \times 100$$

$$\Delta P = \left( \frac{3.93 \text{ kg/h}}{2.81 \text{ kg/h}} - 1 \right) \times 100$$

$$\Delta P = (1.398 - 1) \times 100$$

$$\Delta P = 39.8\%$$

Es decir que, utilizando la misma cantidad de materia prima, consumo energético, tiempo de producción, mano de obra y costo de maquinaria con la implementación de un equipo de evaporación se obtiene un 39.8% más de producto (manjar de leche) que al utilizar una metodología tradicional.

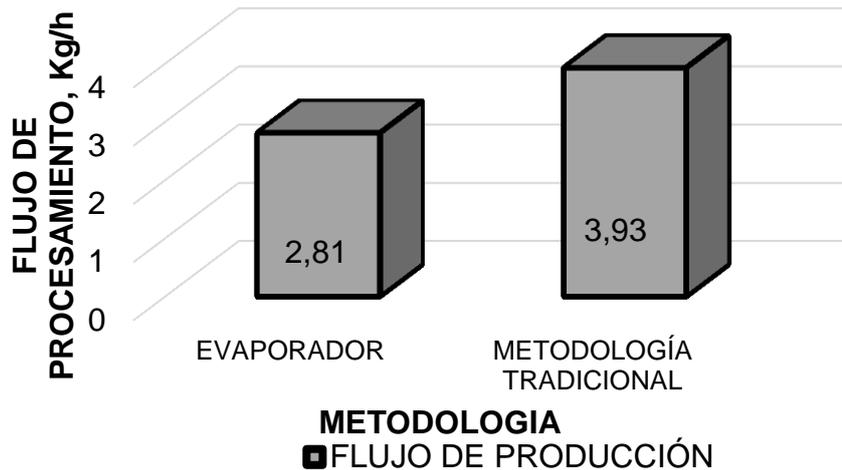


Gráfico 6. Comparación entre el flujo de producción de manjar de leche con la utilización del equipo de evaporación y una metodología tradicional.

### G. EFICIENCIA DEL EQUIPO, (%).

Para la determinación de la eficiencia del equipo se utilizó los valores del tiempo (t) de operación para cada metodología, representando como la variable esperada (es decir el valor que se esperaría correspondiente a la metodología tradicional) el tiempo de operación con la metodología tradicional y la variable obtenida será el tiempo de operación con el equipo de evaporación, en base a la siguiente relación matemática

$$\mu = \left(1 - \frac{\text{Variable esperada } (V_E) - \text{Variable obtenida } (V_O)}{\text{variable esperada } (V_E)}\right) \times 100$$

$$\mu = \left(1 - \frac{5h - 4h}{5h}\right) \times 100$$

$$\mu = \left(1 - \frac{1h}{5h}\right) \times 100$$

$$\mu = (1 - 0.20) \times 100$$

$$\mu = 0.80 \times 100$$

$$\mu = 80\%$$

## V. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un equipo evaporador para la elaboración de manjar de leche, el cual se implementó en la Planta de lácteos Tunshi de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, estableciendo las variables de proceso más importantes especificadas en el manual de operación entregado al técnico del lugar.
- Para la contratación de equipos en la industria lácteos es necesario la utilización de materiales resistentes a las condiciones de operación como acero inoxidable AISI 304 y AISI 316 por lo que se elaboró en dicho material el evaporador para evitar un desgaste prematuro de los componentes.
- La evaluación del evaporador de manjar de leche, se desarrolló en comparación con una metodología tradicional, donde se obtuvo un tiempo de evaporación (h) del equipo de 3.99h y con el método tradicional se obtuvo un tiempo de 5.58h, razón por la que evidencia la reducción en tiempo, esto se debe a que el equipo trabaja con temperaturas de 175-200°C en el producto; en cuanto a la productividad se obtuvo un incremento en la producción del 39.8% y una eficiencia del equipo de un 80% de rendimiento.

## VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar el análisis del proceso de obtención del manjar de leche por medio del equipo evaporador en vista a que existen variables no contempladas que pueden llegar a mejorar la productividad del proceso de obtención del manjar.
- Integrar los conocimientos teóricos impartidos en la carrera con la aplicación de prácticas de laboratorio donde se estudie el equipo de evaporación, en vista a que el mismo fue contemplado en un principio como equipo piloto.
- Replicar los resultados obtenidos con la utilización del equipo de evaporación a escala industrial en vista a que se logra reducir el tiempo e incrementar la productividad.
- Operar el equipo en condiciones especificadas en el manual para las cuales fue construido en vista a que una inadecuada operación generara el prematuro fallo de los componentes del evaporador, reducción en la eficiencia del proceso e incluso accidentes que afecten a las personas que se encuentren operando el equipo.

## VII. LITERATURA CITADA

1. Alais, C. (1990). Bioquímica de los alimentos. Barcelona: Masson.
2. Araneo, A. (1981). Química Analítica Cualitativa. México: Mc Graw Hill.
3. Astiasarán, I. (2000). Alimentos: composición y propiedades. . Madrid: McGraw-Hill.
4. Cheftel, J. (2000). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza: Acribia.
5. Garcés, S. (2011). Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico sólido potencializado con trichoderma en la producción forrajera de medicago sativa (alfalfa) en la Estación Experimental Tunshi. ESPOCH. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1018/1/17T01047.pdf>
6. Ibarz, A. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. Madrid: Mundi-Prensa.
7. Madrid, A. (2016). Ingeniería y producción de alimentos. Madir.
8. Mahan, L. (2009). Krause Dietoterapia. Barcelona: Elsevier Masson.
9. Martínez, J. (2000). Fundamentos teórico-prácticos de Nutrición y Dietética. . Pamplona: EUNATE.
10. Ecuador, Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN, 700. (2011). Manjar o Dulce de leche. Requisitos.
11. Revilla, A. (1982). Tecnología de la leche. San jose: Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura.

12. Singh, P. (2009). Introducción a la ingeniería de los alimentos. Zaragoza: Acribia.
13. Skoog, D. A. (2001). Principios de Análisis Instrumental. Madrid: McGraw Hill.
14. Tscheuschner, H. (2001). Fundamentos de tecnología de los alimentos. Zaragoza: Acribia.

# **ANEXOS**

## **Anexo 1.** Especificaciones Técnicas del Evaporador de Manjar de Leche.

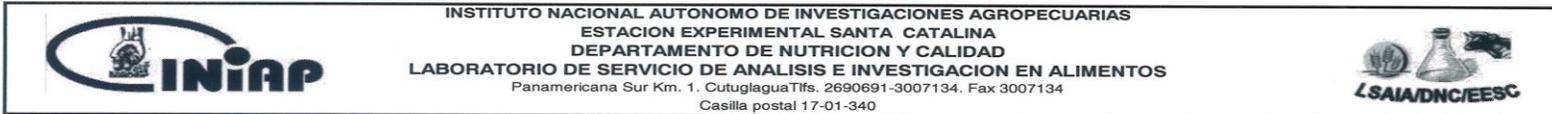
El cuerpo del Evaporador de Manjar de Leche se lo realizó con planchas de acero Inoxidable AISI 304 con un espesor de 2,5 -2 – 1,5 - cada pieza fue ensamblado con soldadura TIC garantizado su durabilidad para evitar su deformación se utilizó varilla de acero inoxidable AISI 316 de 3/8 en forma interna tipo serpentín, fue ensamblado con presión proporcionando la no existencia de fugas durante el proceso de Inyección de vapor teniendo una capacidad máxima de 15 PSI.

Esta sobre puesta en una estructura de tubo de acero Inoxidable AISI 304 de “1”, Provista de un Motoreductor de ¼ HP de 33 RPM, eje central de “1” en acero AISI 316, eje unión 1 1/2 Acero AISI 316, pernos 3/8 x 1/4 Acero AISI 316, Niplos de conexión acero inoxidable AISI 304 de 3/4 x cm Mano metro de presión con vaselina de 0 A 30 PSI.

Motoreductor 110 Volt, cable regido #14, Evaporador tipo volcable con mecanismo manual varilla de 3/8 en acero Inoxidable AISI 316, aletas de teflón alimentario paletas de acero de 2 cm AISI 304.

Anexo 2. Resultados de los análisis fisicoquímicos del manjar de leche, realizados en el Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

MC-LSAIA-2201-04



INFORME DE ENSAYO

**NOMBRE PETICIONARIO:** Segundo Paca/Edith Yungán  
**DIRECCION:** Riobamba  
**FECHA DE EMISION:** 21/11/2016  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 17 de septiembre al 18 de noviembre de 2016

**INSTITUCION:** ESPOCH  
**ATENCION:** Segundo Paca/Edith Yungán  
**FECHA DE RECEPCION.:** 16/09/2016  
**HORA DE RECEPCION:** 15H00  
**ANALISIS SOLICITADO:** Cenizas, grasa, proteína

ANÁLISIS	HUMEDAD	CENIZAS <sup>Ω</sup>	E.E. <sup>Ω</sup>				IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-01.02	MO-LSAIA-01.03				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970	U. FLORIDA 1970				
UNIDAD	%	%	%				
1	13,04	0,22	9,49				M1 Evaporador
2	13,45	0,27	9,71				M1 Tradicional
3	18,46	0,44	5,54				M2 Evaporador
4	17,44	0,24	5,84				M2 Tradicional

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.  
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME

  
 Dr. Iván Samaniego, MSc.  
 RESPONSABLE TÉCNICO



Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

Anexo 3. Determinación de solidos totales en el manjar de leche

$$ST = 100\% - H$$

Siendo:

ST=SOLIDOS TOTALES

H=HUMEDAD

**M1 EVAPORADOR**

$$ST = 100\% - H$$

$$ST = 100 - 13.04$$

$$ST = 86.96\%$$

**M1TRADICIONAL**

$$ST = 100\% - H$$

$$ST = 100 - 13.45$$

$$ST = 86.55\%$$

**M2 EVAPORADOR**

$$ST = 100\% - H$$

$$ST = 100 - 18.46$$

$$ST = 81.54\%$$

**M2TRADICIONAL**

$$ST = 100\% - H$$

$$ST = 100 - 17.44$$

$$ST = 82.56\%$$

<b>IDENTIFICACION</b>	<b>SOLIDOS TOTALES, %</b>
M1 EVAPORADOR	86.96
M1 TRADICIONAL	86.55
M2 EVAPORADOR	81.54
M2 TRADICIONAL	82.56

Anexo 4. Estadística descriptiva del contenido de Humedad (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>EVAPORADOR</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	13.04	15.75	-2.71	7.344
2	18.46	15.75	2.71	7.344
PROMEDIO	15.75		SUMA	14.688
			VARIANZA	14.688
			DESVIACION ESTANDAR	3.833

<b>METODO TRADICIONAL</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	13.45	15.445	-1.995	3.980
2	17.44	15.445	1.995	3.980
PROMEDIO	15.445		SUMA	7.960
			VARIANZA	7.960
			DESVIACION ESTANDAR	2.821

<b>Método Evaporador</b>	
Media	15.75
Mediana	15.75
Moda	#N/A
Desviación estándar	3.832518754
Varianza de la muestra	14.6882
Nivel de confianza (95.0%)	34.43381484

<b>Método Tradicional</b>	
Media	15.445
Error típico	1.995
Mediana	15.445
Moda	#N/A
Desviación estándar	2.821356057
Varianza de la muestra	7.96005
Nivel de confianza (95.0%)	25.34887845

Anexo 5. Estadística descriptiva del contenido de Cenizas (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.

<b>CONTENIDO DE CENIZAS</b>				
<b>EVAPORADOR</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>CENIZA</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	0.22	0.33	-0.11	0.0121
2	0.44	0.33	0.11	0.0121
PROMEDIO	0.33		SUMA	0.0242
			VARIANZA	0.0242
			DESVIACION ESTANDAR	0.15556349

<b>METODO TRADICIONAL</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>CENIZA</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	0.27	0.255	0.015	0.000225
2	0.24	0.255	-0.015	0.000225
PROMEDIO	0.255		SUMA	0.00045
			VARIANZA	0.00045
			DESVIACION ESTANDAR	0.0212132

<b>Método Evaporador</b>	
Media	0.33
Mediana	0.33
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.155563492
Varianza de la muestra	0.0242
Nivel de confianza (95.0%)	1.397682521

<b>Método Tradicional</b>	
Media	0.255
Mediana	0.255
Moda	#N/A
Desviación estándar	0.021213203
Varianza de la muestra	0.00045
Nivel de confianza (95.0%)	0.190593071

Anexo 6. Estadística descriptiva del contenido de Solidos Totales (%) del Manjar de Leche Utilizando el Método Tradicional y Método del Evaporador.

<b>SOLIDOS TOTALES</b>				
<b>EVAPORADOR</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>SOLIDOS TOTALES</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	86.96	84.25	2.71	7.3441
2	81.54	84.25	-2.71	7.3441
PROMEDIO	84.25		SUMA	14.6882
			VARIANZA	14.6882
			DESVIACION ESTANDAR	3.83251875

<b>METODO TRADICIONAL</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>SOLIDOS TOTALES</b>	<b>ESPERADO</b>	<b>OBS-ESP</b>	<b>(OBS-ESP)<sup>2</sup></b>
1	86.55	84.555	1.995	3.980025
2	82.56	84.555	-1.995	3.980025
PROMEDIO	84.555		SUMA	7.96005
			VARIANZA	7.96005
			DEVIACION ESTANDAR	2.82135606

<b>Método Evaporador</b>	
Media	84.25
Mediana	84.25
Moda	#N/A
Desviación estándar	3.83251875
Varianza de la muestra	14.6882
Nivel de confianza (95.0%)	34.4338148

<b>Método Tradicional</b>	
Media	84.555
Mediana	84.555
Moda	#N/A
Desviación estándar	2.82135606
Varianza de la muestra	7.96005
Nivel de confianza (95.0%)	25.3488784

Anexo 7. Base de datos de los análisis del manjar de leche mediante la prueba t.student.

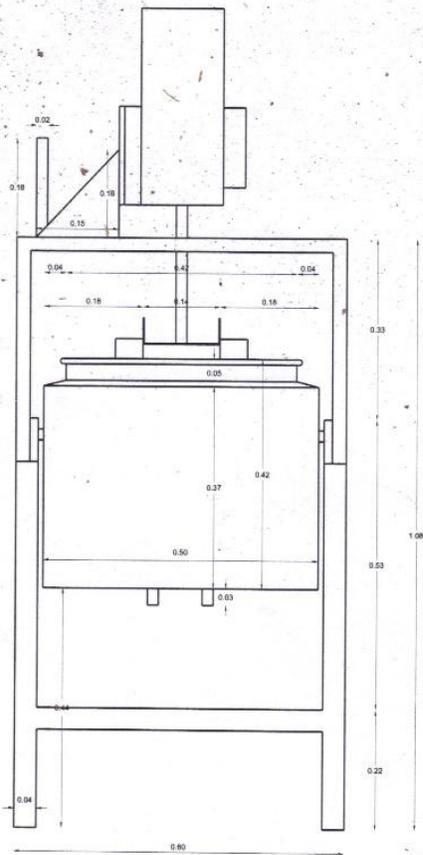
Métodos	Repeticiones	Humedad, %	Cenizas, %	Solidos Totales, %
---------	--------------	---------------	---------------	-----------------------

EVAPORADOR	1	13.04	0.22	86.96
EVAPORADOR	2	18.46	0.44	81.54
METODO TRADICIONAL	1	13.45	0.27	86.55
METODO TRADICIONAL	2	17.44	0.24	82.56
Media 1		15.75	0.330	84.250
Media 2		15.45	0.255	84.555
Desviación 1		3.83	0.16	3.83
Desviación 2		2.82	0.02	2.82
Estadístico t		0.43	0.6	-0.43
P(T<=t) una cola		0.37	0.33	0.37

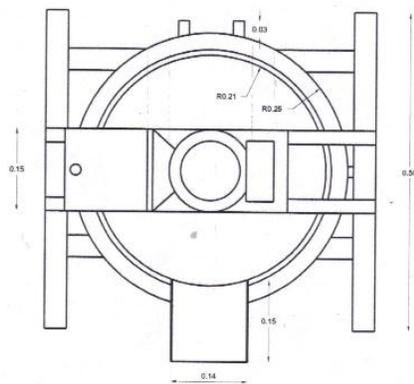
Prueba t para dos muestras emparejadas

Variables	Métodos				t Cal	Prob. T	Sign.
	EVAPORADOR		M. TRADICIONAL				
Humedad, %	15.75	3.83	15.45	2.82	0.43	0.37	ns
Cenizas, %	0.33	0.16	0.26	0.02	0.60	0.33	ns
Solidos Totales, %	84.25	3.83	84.56	2.82	-0.43	0.37	ns

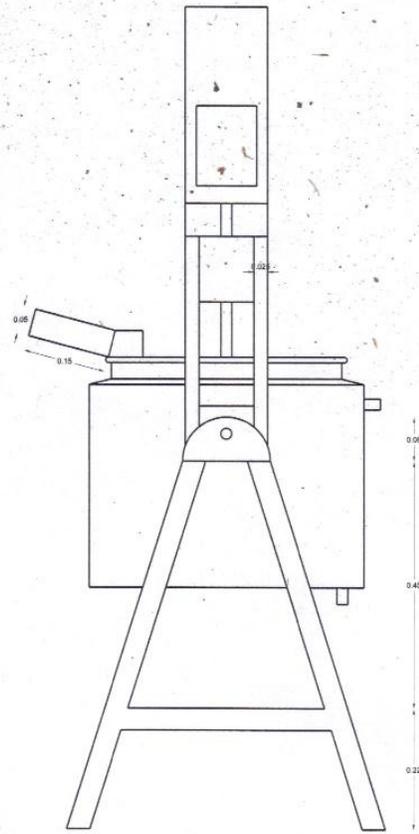
Anexo 8. Diseño de evaporador del manjar.



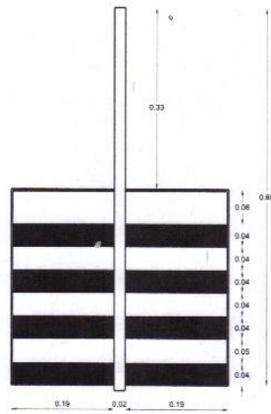
VISTA FRONTAL



VISTA SUPERIOR

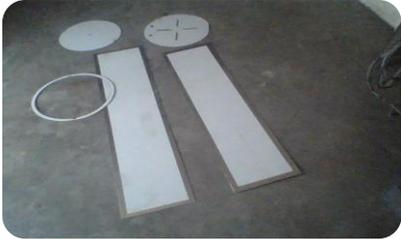


VISTA LATERAL DERECHA



BATIDOR

Anexo 9. Construcción del Evaporador del manjar.





Anexo 10. Instalación del Evaporador de Manjar en la Estación Experimental Tunshi de la ESPOCH.



Transporte e instalación de maquinaria en la planta de lácteos Tunshi





Revisión de maquinaria

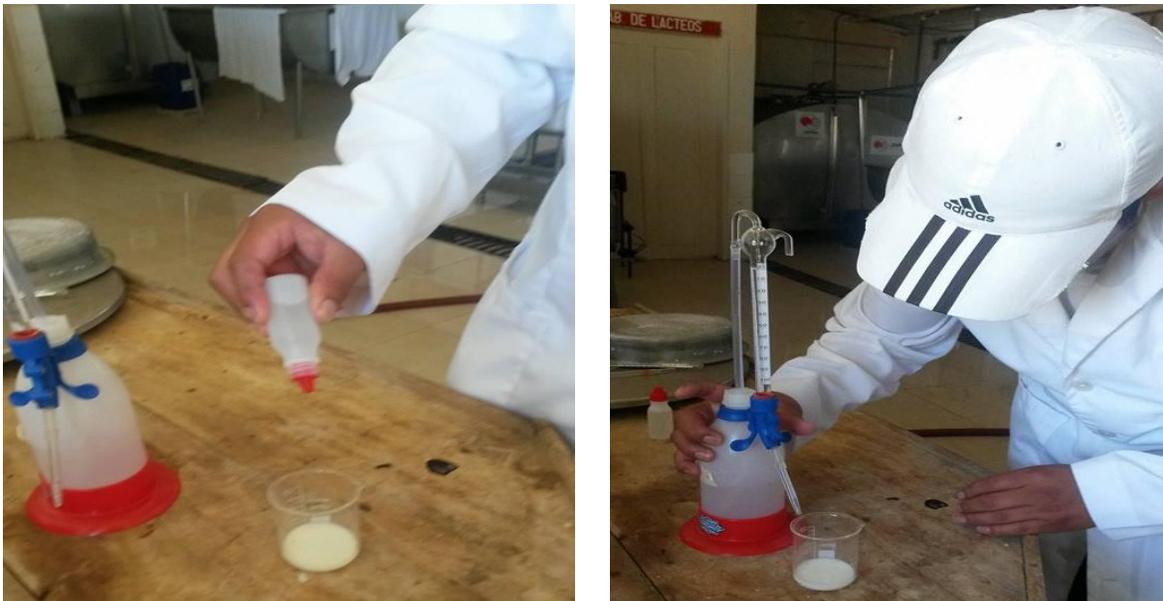


Verificación de construcción de maquinaria previo funcionamiento.

Anexo 11. Evaluación del Evaporador de Manjar mediante Método Tradicional y la Utilización del Evaporador



Control de calidad de la materia prima. Prueba de densidad



Control de calidad de la materia prima. Prueba de acidez.



Control de calidad de materia prima. Prueba del alcohol.



Colocación de la materia prima en el evaporador de manjar de leche



Pesado de Aditivos



Adición de Aditivos



Adición de Azúcar



Elaboración de manjar de leche en la capacidad máxima.



Control de Presión en el Evaporador



Control de presión mediante manómetro



Funcionamiento de Aspas



Elaboración de manjar de leche tradicionalmente



Envasado del manjar de leche



Evaporador de Manjar



Limpieza del evaporador de manjar de leche

## Anexo 12. Manual de Funcionamiento del Evaporador de Manjar de Leche

### MANUAL DEL USUARIO

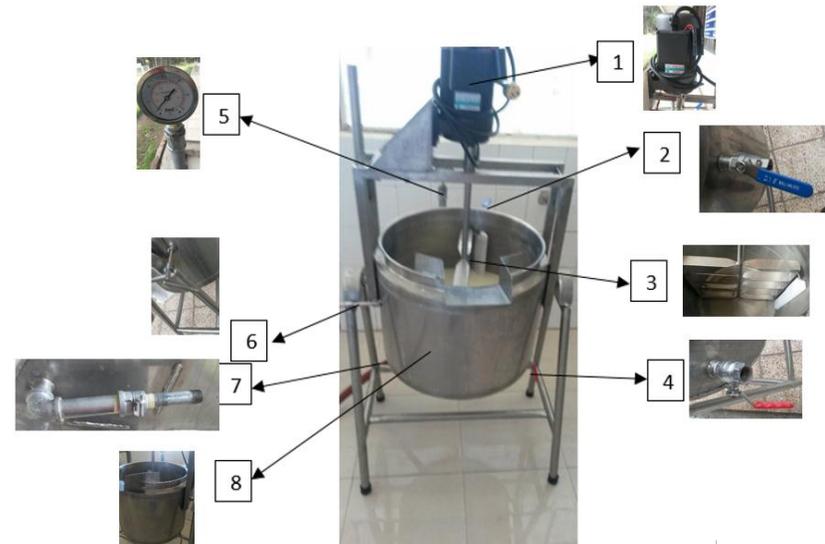
#### EVAPORADOR DE MANJAR DE LECHE



#### FUNCIÓN

El objetivo de la evaporación es concentrar consiste básicamente de un intercambiador de calor capaz de hervir la solución y un dispositivo para separar la fase vapor del líquido en ebullición.

#### EVAPORADOR DE MANJAR DE LECHE



1. Motor ¼ hp
2. Válvula de evacuación de vapor
3. Espas
4. Válvula de evacuación de condensado de vapor
5. Manómetro de 0-15 psi
6. Sistema de volcamiento manual
7. Entrada de vapor
8. Olla doble fondo

## DESCRIPCIÓN

La forma más simple de un evaporador es una marmita abierta. El suministro de calor proviene de la condensación de Vapor de agua en una chaqueta en algunos casos, la marmita se calienta a fuego directo. Estos evaporadores son de operación simple.

El evaporador de marmita abierta está conformado por una estructura construida en su totalidad en Acero Inoxidable AISI 304, en la parte inferior posee una chaqueta que permite realizar la transferencia térmica de forma indirecta; donde tiene una entrada de vapor y una salida de condensado para el retorno a la caldera.

El equipo cuenta con un sistema de agitación conformado por un moto-reductor y una serie de aspas posicionada de forma escalonada para realizar un barrido completo al momento de realizar el proceso de agitación, en la parte superior el moto-reductor se conecta a un sistema que permite levantarlo en caso de que desee evacuar el producto procesado.

Posee un sistema de volcamiento manual para realizar la descarga completa del producto.

## CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

- Capacidad del Evaporador: 50 Litros
- Sistema de agitación: 33 RPM

- Arrancador directo
- Sistema ingreso de vapor y retorno a la caldera
- Sistema de volcamiento manual
- Sistema de levantamiento del moto-reductor mediante un winche
- Calentamiento: por Vapor a partir de un sistema de vapor externo
- Tiempo de ebullición: 45 min
- Presión de funcionamiento: 15 Psi
- Temperatura máx. de vapor: 200 °C
- Manómetro de 0 a 15 Psi
- Inclinación manual
- Temperatura máxima en el exterior del equipo después de tres horas de cocción a 110° C
- Motor: ¼ hp con frecuencia de 33 rpm

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las contracciones del cuerpo del Evaporador de Manjar de Leche se lo realizó con planchas de acero Inoxidable AISI 304 con un espesor de 2,5 -2 – 1,5 - cada pieza fue ensamblado con soldadura TIC garantizado su durabilidad para evitar su deformación se utilizó varilla de acero inoxidable AISI 316 de 3/8 en forma interna tipo serpentín, fue ensamblado con presión proporcionando la no existencia de fugas durante el proceso de Inyección de vapor teniendo una capacidad máxima de 15 PSI.

Esta sobre puesta en una estructura de tubo de acero Inoxidable AISI 304 de "1", Provista de un Motoreductor de ¼ HP de 33 RPM, eje central de "1" en acero AISI 316, eje unión 1 1/2 Acero AISI 316, pernos 3/8 x 1/4 Acero AISI 316, Neplos de conexión acero inoxidable AISI 304 de 3/4 x cm Mano metro de presión con vaselina de 0 A 30 PSI.

Motoreductor 110 Volt, cable regido #14, Evaporador tipo volcable con mecanismo manual varilla de 3/8 en acero Inoxidable AISI 316, aletas de teflón alimentario paletas de acero de 2 cm AISI 304. **VENTAJAS**

La serie de evaporador tipo marmita abierta está diseñada pensando en la comodidad del operario, es por eso su diseño implementa un alto grado de ergonomía.

El sistema de volcado que posee el equipo, facilita la evacuación de la totalidad del producto que se esté procesando.

El sistema de levantamiento de aspas permite realizar de forma eficiente y cómoda la limpieza al interior del equipo.

Posee un sistema de agitación que permite un alto grado de homogeneidad en la temperatura del producto.

El sistema de aspas se encuentra de forma escalonada, lo que permite que el raspado de las paredes sea completo y no se quede el producto en las paredes del equipo.

### **SUGERENCIA DE USO**

Los evaporadores son seguros y sencillos de usar. Los siguientes consejos le ayudaran a maximizar el uso de estas:

1. Antes de aplicar vapor al evaporador abrir el purgador manual. Cuando toda el agua condensada haya salido cerrarlo.
2. Evitar la unidad de precaliente antes de añadir el producto, pues estos se adhieren fácilmente a las superficies calientes.
3. Un parte importante de la limpieza en el evaporador es evitar que los alimentos se sequen. Por ello, la limpieza debería realizarse inmediatamente a su uso. Para una limpieza correcta, ver las instrucciones del apartado de "limpieza y Mantenimiento"

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN**

El evaporador necesita de una caldera como fuente de vapor. El producto a realizar con un agitador incorporado para que el producto no se pegue.

**Vida útil:** La carcasa puede durar veinte años o más. Se deben cambiar las válvulas, la tubería de vapor y aspas.

**Mantenimiento:** Se debe chequear constantemente la válvula de seguridad para asegurar que funciona bien, de lo contrario un aumento descontrolado de la presión puede hacer estallar el evaporador.

### **USO GENERAL DEL EVAPORADOR**

1. Verificar que todos los servicios generales (agua, vapor y corriente eléctrica) estén disponibles.
2. Cerciorarse que todas las válvulas estén cerradas, a excepción de las válvulas de nivel.
3. Abrir las válvulas de alimentación y la válvula para la entrada de vapor.

**Importante:** Registrar, cada 5 minutos, la temperatura del condensado de vapor de la solución que sale del intercambiador de calor, colocando un balde de plástico y un termómetro debajo de la tubería de salida de dicho equipo.

4. Colocar la materia prima.
5. Conectar el enchufe en el interruptor a 110 V.

**Importante:** Registrar, cada 5 minutos, la presión de vapor, producto de la ebullición de la solución, por medio del manómetro instalado para el evaporador.

Controlar la presión interna del evaporador a menos 15 PSI.

Realizar el desfogue constante del condensado de vapor.

### **LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO**

#### **LIMPIEZA**

**ADVERTENCIA:** El evaporador y sus partes son calientes, así que tenga cuidado cuando la opere, la limpie o le dé servicio.

No utilizar agua fría en el lavado de la máquina.

**ATENCION:** Desconecte la marmita y siga los procedimientos de bloqueo y seguridad antes de limpiarla o darle servicio.

El interior y el exterior del equipo deben lavarse después de cada uso, o cuando se haya completado la producción del día.

Si el equipo se usa constantemente durante el día, debe limpiarse y sanitizarse una vez cada 12 horas.

### **Vacíe la marmita.**

Cierre la válvula de descarga y agregue agua al equipo para limpiarlo y prevenir que se formen residuos secos y pegados al interior

- Nunca use químicos corrosivos o fuertes de limpieza
- Nunca limpie el interior del equipo con limpiadores abrasivos, herramientas metálicas o fibras de acero, los cuales rayan la superficie, dañan el exterior y hacen más difícil la limpieza.
- Agregue detergente suave, sin cloro, cloruro y blanqueador y talle el interior con un cepillo de nylon.
- Afloje los alimentos pegados al remojarlos a una temperatura baja.
- Enjuague el interior y el exterior y seque con un trapo suave.
- Para una limpieza adecuada retirar las aspas, removiendo los tornillos ubicados en la parte inferior del motor.

### **MANTENIMIENTO**

Realizar la revisión constante de la energía eléctrica y las conexiones al vapor.

Cambio de manómetros cada dos años.

