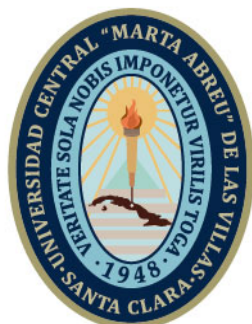


UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Departamento de Ingeniería Química

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título: Balance energético en la Planta de Productos Lácteos de Sancti
Spíritus y propuestas para mejorar su eficiencia**

Autor: Darly Ramírez Jiménez

Tutores: Dr. C. Jorge Leiva Mas

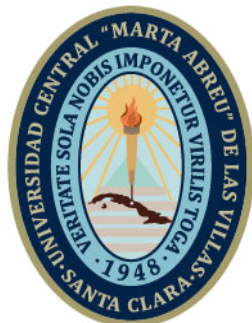
Dr. C. Omar Pérez Navarro

Asesor: Ing. Yulen Pérez Rodríguez

Diciembre, 2023

Santa Clara
Copyright©UCLV

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FQF
Facultad de
Química y Farmacia

Chemical Engineering Department

DIPLOMA THESIS

Title: Energy balance at Sancti Spíritus dairy plant and proposals for efficiency improvement

Author: Darly Ramírez Jiménez

Tutors: Ph.D Jorge Leiva Mas

Ph.D Omar Pérez Navarro

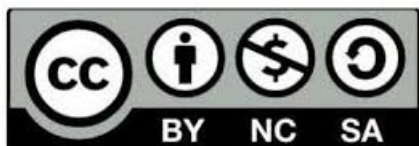
Assesor: Eng. Yulen Pérez Rodríguez

December, 2023

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419



ACTA DE CONFORMIDAD PARA ESTUDIANTES DE PREGRADO
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Por una parte Darly Ramirez Jiménez estudiante de la carrera de: Ingeniería Química, en la facultad de: Química y Farmacia en lo adelante EL ESTUDIANTE. Con número de identidad permanente: 010 414 72956 o pasaporte: _____

Y por otra parte Dr. C. Nestor Ley Chong Jefe del Departamento Docente de Ingeniería Química, en la ya mencionada facultad, en lo adelante EL JEFE DE DEPARTAMENTO, y Jorge Leiva Mas

profesor(es) encargado(s) de tuturar el Trabajo de Diploma DEL ESTUDIANTE, en lo adelante EL TUTOR. Reconocen que:

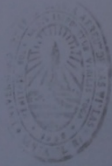
- I. A EL ESTUDIANTE se le ha aprobado como tema de investigación para su Trabajo de Diploma el titulado Balana energetico en la Empresa Productos Lácteos de Sancti-Spiritus y papavitas para mejorar su eficiencia.
- II. EL ESTUDIANTE no divulgará información concerniente a la investigación, tanto durante el desarrollo como tras la culminación de esta sin la debida autorización DEL TUTOR o EL JEFE DE DEPARTAMENTO.
- III. Que el Trabajo de Diploma fruto de la labor investigativa de EL ESTUDIANTE y la asesoría de EL TUTOR, resulta de TITULARIDAD EXCLUSIVA de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- IV. EL ESTUDIANTE una vez aprobada su tesis para la defensa, depositará una copia electrónica de la misma en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- V. A partir de la defensa y aprobación del Trabajo de Diploma, la publicación total, parcial o la elaboración de cualquier obra que se derive de esta investigación por parte de EL ESTUDIANTE, contará con la coautoría de EL TUTOR y viceversa, resultándole de referencia obligada esta obra en cualquier otra que se elabore. El incumplimiento de esta cláusula, puede llevar consigo el inicio de procesos de plagio. Todo lo anterior de acuerdo a la normativa de Derecho de Autor vigente en Cuba.

Y para que así conste se firma la presente en la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, a los 6 días del mes de Diciembre del año 2023

Darly Ramirez Jiménez
EL ESTUDIANTE

Jorge Leiva Mas
JEFE DE DEPARTAMENTO

Jorge Leiva Mas
TUTOR



TUTOR

PENSAMIENTO

“Para empezar un gran proyecto, hace falta valentía. Para terminar un gran proyecto, hace falta perseverancia.”

Cristian Castro Rodríguez

DEDICATORIA

A mis padres, Elizabeth y Onaldo, y mi hermana Dayli quienes han sido mi motor impulsor, mi apoyo incondicional y mi ejemplo a seguir. Los amo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar cada uno de mis pasos y permitirme cumplir este sueño.

A mí, aunque suene un cliché, por nunca haberme dado por vencida y seguir adelante a pesar de lo difícil que fuera el camino.

A Yudel y Emily quienes son mi apoyo y motivación.

A mi abuelo, por demostrarme su amor y confianza.

A mi novio, por ser mi rayito de luz.

A mis tutores: Leiva por su guía y dedicación, y a Omar por sus sabios consejos.

A Lisandra, por sacarme del apuro en más de una ocasión.

A todos los profes del departamento por transmitirme toda su sabiduría.

A Geidy, Sintia, Zuley y José Carlos que a pesar de no continuar el camino junto a mí me demostraron lo que es tener una verdadera amistad.

A Danailys y Liety, por tantas risas y tan buena compañía.

A todos mis compañeros de clase por tantas alegrías en los 4 años que duró esta travesía.

A todas las personas que de una forma u otra aportaron su granito en mi formación como profesional.

Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de evaluar la eficiencia energética de la Planta de Productos Lácteos de Sancti-Spíritus. Se llevó a cabo la descripción de cada proceso, incluyendo los esquemas tecnológicos para así conocer los equipos consumidores de vapor. Se realizaron los balances energéticos, donde se obtuvo una masa de vapor de 5340,66 kg/h, inferior a los 6000 kg/h que genera la caldera. Para mejorar la eficiencia se requiere de la instalación de un nuevo pasteurizador empleando la metodología para el dimensionamiento del mismo, obteniéndose 104 placas en la sección regenerativa, 34 en la de calentamiento y 88 en la de enfriamiento. Se efectuó el análisis económico del pasteurizador con un costo de equipamiento de 12 500 USD y se necesita un capital fijo de inversión de 33 875 USD, por lo que el período de recuperación de la inversión es de aproximadamente 2 años. Haciendo uso de métodos matemáticos se optimizó el espesor económico para disminuir las pérdidas de calor en la tubería saliente de la caldera y se tomó como medida recubrir la tubería hasta 0,10 m de aislante.

Palabras claves:

Lácteos, energía, pasteurizadores

Abstract

The research was carried out with the objective of evaluating the energy efficiency of Sancti Spíritus Dairy Plant. The description of each process was carried out, including the technological schemes in order to know the steam consuming equipment. Energy balances were carried out, where a steam mass of 5340,66 kg/h was obtained, lower than the 6000 kg/h generated by the boiler. To improve efficiency, the installation of a new pasteurizer is required, using the methodology for its sizing, obtaining 104 plates in the regenerative section, 34 in the heating section and 88 in the cooling section. The economic analysis of the pasteurizer was carried out with an equipment cost of 12,500 USD and a fixed investment capital of 33 875 USD, so the investment recovery period is approximately 2 years. Using mathematical methods, the economic thickness was optimized to reduce heat losses in the pipe coming out of the boiler and the measure taken was to cover the pipe up to 0,10 m with insulation.

Keywords: energy, dairy, pasteurizer.

Índice

Resumen	viii
Abstract.....	ix
Introducción.....	13
Capítulo 1: Revisión bibliográfica	15
1.1. La Industria Láctea.....	15
1.2 Descripción de los procesos y productos.....	15
1.2.1 Leche Pasteurizada	15
1.2.2 Yogurt de leche	17
1.2.2.1 Inoculación e incubación	17
1.2.2.2 Cultivo Láctico	17
1.2.3 Yogurt de soya.....	17
1.2.3.1 Cultivo.....	17
1.2.3.2 Características Físicoquímicas y Microbiológicas	18
1.2.4 Queso.....	18
1.2.4.1 Clasificación de los quesos.....	19
1.2.5 Queso Crema.....	19
1.2.5.1 Clasificación.....	19
1.2.6 Mantequilla.....	20
1.2.6.1 Clasificación.....	20
1.2.6.2 Inoculación.....	21
1.2.6.3 Maduración	21
1.3 Intercambiadores de calor.....	21
1.3.1 Tipos de intercambiadores de calor	21

1.4 Pasteurizadores o intercambiadores a placas.....	22
1.4.1 Ventajas	23
1.4.2 Mecanismo de transferencia de calor	24
1.5 Generación de vapor	24
1.6 Pérdidas de calor en las tuberías	24
1.6.1 Aislamiento de tuberías.....	25
1.7 Análisis económico.....	25
1.7.1 VAN.	25
1.7.2 TIR	25
1.8. Conclusiones parciales.....	26
Capítulo 2: Materiales y métodos.....	27
2.1 Introducción o caracterización.....	27
2.2 Descripción de los procesos.....	27
2.2.1 Leche pasteurizada.....	27
2.2.2 Yogurt natural	28
2.2.3 Queso Crema.....	30
2.2.4 Mantequilla.....	31
2.2.5 Helado.....	32
2.2.6 Queso Blanco	34
2.2.7 Queso Fundido	36
2.2.8 Yogurt de soya.....	37
2.3 Esquema energético de la fábrica	40
2.4 Planteamiento de los balances energéticos.....	41
2.5 Dimensionamiento de un pasteurizador	44

2.6 Análisis económico para la instalación de un pasteurizador.....	46
2.7 Selección del espesor del económico.....	49
2.8 Pérdidas de calor en tuberías aisladas.....	50
2.9. Conclusiones parciales.....	51
Capítulo 3: Resultados y discusión	52
3.1 Balance energético.....	52
3.2 Propuestas para mejorar la eficiencia en la industria.....	67
3.2.1 Instalación de un nuevo pasteurizador	67
3.2.2 Redimensionar espesores de aislante.....	73
3.3 Conclusiones parciales.....	74
Conclusiones y Recomendaciones	75
Conclusiones	75
Recomendaciones	75
Referencias bibliográficas.....	76
Anexos	80

Introducción

Dentro de las industrias de alimentos, el sector lácteo representa un gran potencial a nivel nacional e internacional debido a que genera amplios beneficios económicos y sociales por ser una fuente primaria de alimentos en muchos países. Sin embargo, la industria láctea es una de las más importantes en cuanto a consumo energético se refiere.

El consumo energético en una planta de lácteos está relacionado con diversos aspectos como la producción de la leche, la pasteurización, refrigeración, envasado y transporte de los productos finales. El principal consumo energético se da en la etapa de procesamiento de la leche, donde se requiere energía térmica para la pasteurización y el tratamiento térmico de los productos. Por esto, debido a su alta demanda de energía es crucial realizar un análisis exhaustivo de los balances energéticos en este sector.

Es importante mencionar que en los últimos años se ha buscado implementar medidas de eficiencia energética en las industrias lácteas, con el fin de reducir el consumo energético y disminuir el impacto ambiental. Estas medidas incluyen la instalación de sistemas de recuperación de calor, el uso de tecnologías más eficientes en equipos y maquinarias, y la adopción de prácticas de gestión energética.

Durante los últimos años en Cuba, la reducción de la intensidad energética es un objetivo prioritario, por esto practicar un empleo responsable e inteligente de la energía es tarea de todos. Por lo que se explorará la importancia de los balances energéticos, su impacto en la eficiencia energética y las posibles estrategias para optimizar el consumo energético de la industria.

Problema científico

En la Planta de Productos Lácteos de Sancti-Spíritus se necesita realizar los balances de energía para conocer los consumos y planificar las diferentes producciones en función de las materias primas disponibles.

Hipótesis

Si se realizan los balances energéticos en la Planta de Productos Lácteos de Sancti-Spíritus se pueden proponer medidas que aumenten la eficiencia energética de la entidad y planificar las producciones de diferentes surtidos.

Objetivo General

Evaluar la eficiencia energética de la Planta de Productos Lácteos de Sancti-Spíritus

Objetivos específicos

1. Valorar el estado del arte sobre procesos de producción de la industria láctea y el equipamiento requerido.
2. Realizar los balances energéticos en la planta de productos lácteos de Sancti-Spíritus.
3. Proponer medidas para mejorar la eficiencia energética en la planta de productos lácteos de Sancti-Spíritus.
4. Realizar la evaluación técnica y económica de la propuesta realizada.

Capítulo 1: Revisión bibliográfica

1.1. La Industria Láctea

La industria láctea es el sector enfocado en la producción y procesamiento de productos lácteos, tales como leche, queso, mantequilla, yogurt, crema y helado. Esta industria está compuesta por diversas etapas que van desde la producción primaria de leche hasta la distribución y comercialización de los productos finales.

La producción primaria incluye la crianza del ganado lechero, la alimentación y cuidado de las vacas, la extracción de la leche y su posterior transporte a las plantas de procesamiento. En estas plantas, la leche se somete a diferentes procesos como pasteurización para eliminar bacterias patógenas, homogenización para evitar la separación de la crema, y se utiliza para la elaboración de diferentes productos lácteos (Vargas, 2000).

1.2 Descripción de los procesos y productos

1.2.1 Leche Pasteurizada

La leche pasteurizada es un tipo de leche tratada térmicamente para eliminar bacterias y otros microorganismos dañinos. Este proceso de pasteurización generalmente involucra calentar la leche a una temperatura específica durante un período de tiempo determinado y luego enfriarla rápidamente. La pasteurización de la leche ayuda a garantizar su seguridad y calidad, al tiempo que mantiene muchas de sus propiedades nutricionales. Aunque mata la mayoría de los microorganismos la leche pasteurizada aún puede contener ciertas bacterias y otros microorganismos, la leche pasteurizada aún puede contener ciertas bacterias y microorganismos que son seguros para el consumo humano (Revilla, 1996).

1.2.1.1 Microorganismos de la leche cruda

- *Lactobacillus bulgaricus*

Conglomerados de bacterias lácticas y levaduras de asociación simbiótica estable embebidas en una matriz de polisacáridos, cuyo tamaño varía de entre 5 mm y 2,5 mm; de consistencia elástica y de color blanco-amarillento (Ulloa- Lappe, 1993).

Presentan tres formas estructurales diferentes: laminar, enrollada y convoluta; los microorganismos que las constituyen tienen una disposición de estratos definida. La forma laminar presenta dos superficies, una lisa, colonizada por lactobacilos cortos y una rugosa, en la que predominan las levaduras; entre ambas se encuentra una porción intermedia, donde existe una sustitución de bacilos cortos por levaduras. La forma de convoluta presenta tres capas: la externa, con predominancia de lactobacilos cortos, la media con lactobacilos largos rectos, lactobacilos largos curvos y algunas levaduras y la interna con lactobacilos excrementos y abundantes levaduras embebidos en una matriz cavernosa (Cordova. B, 2018).

- *Streptococcus thermophilus*

Especie de bacteria Gram-positiva anaerobia facultativa. Organismo citocromo (proteínas que desempeñan una función vital en el transporte de energía química en todas las células vivas), oxidasa y catalasa negativo, inmóvil, no formador de esporas y homofermentativo. Es una especie alfa-hemolítica del grupo viridans.

También se clasifica como bacteria ácido láctico por razón de sus características al ser procesada y multiplicada para su utilización; como grupo comprenden un caldo de bacterias fermentadoras y productoras de ácido láctico, función por la que son empleadas en la industria para darle ciertas cualidades a los alimentos, y principalmente en la producción de yogurt por sus cualidades como probiótico.

1.2.1.2 Pasteurización HTST.

Existen dos métodos distintos bajo la categoría de pasteurización HTST: en "batch" (o lotes) y en "flujo continuo". Para ambos métodos la temperatura es la misma (72 °C durante 15 segundos (Jerez, 2006)).

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

En el proceso de "flujo continuo", el alimento se mantiene entre dos placas de metal, también denominadas intercambiador de calor de placas (PHE) o bien un intercambiador de calor de forma tubular. Este método es el más aplicado por la industria alimenticia a gran escala, ya que permite realizar la pasteurización de grandes cantidades de alimento en relativamente poco tiempo.

1.2.2 Yogurt de leche

El yogurt es el producto lácteo coagulado, obtenido por fermentación láctica mediante la acción de los microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* con la adición de edulcorantes, aromatizantes y colorantes de uso alimentario.

El yogurt es rico en vitaminas del complejo B y constituye una buena fuente de proteínas. También establece, en el tracto gastrointestinal, un medio que inhibe el crecimiento de bacterias patógenas y favorece la absorción de minerales (Altamirano, 2011).

Desde el punto de vista nutricional el yogurt es un excelente producto alimenticio de alto valor biológico. Presenta un considerable enriquecimiento del patrimonio vitamínico, en especial de las vitaminas del complejo B, además de la presencia de ácido láctico que aumenta la disponibilidad de microelementos como el calcio y fósforo (Altamirano, 2011).

1.2.2.1 Inoculación e incubación

La leche a 45°C se coloca en tanques o cubas de fermentación; estas deben ser lo más aisladas posibles, para evitar pérdidas de calor y mantener la temperatura de 45 °C en la leche cultivada o inoculada. La incubación puede realizarse también, directamente en los vasos para consumo, dependiendo del tipo de yogurt a elaborar (Carolina, 2015).

1.2.2.2 Cultivo Láctico

Añadir el cultivo láctico en la proporción de 3% (30 minutos por cada litro de leche); se dispersa con agitación por un par de minutos, para que se distribuya uniformemente en toda la leche. La leche cultivada se mantiene en las cubas de fermentación, durante 3 horas a 45 °C. Cuando se ha alcanzado la correcta acidez (0.6%), el yogurt debe ser enfriado rápidamente hasta una temperatura de 15 °C y enseguida se refrigera a temperatura de 4 °C (Carolina, 2015).

1.2.3 Yogurt de soja

El proceso para preparar yogurt de soja es muy similar al de preparar yogurt con leche de vaca. Los pasos principales en la elaboración del yogurt de soja incluyen: preparación de la leche de soja, formulación, pasteurización, homogenización, inoculación, tiempo de incubación y refrigeración.

1.2.3.1 Cultivo

Se debe seleccionar y mantener cuidadosamente los tipos de cultivos de yogurt. Al igual que el yogurt de leche de vaca, el de soja se produce cultivando la leche de soja con

cultivos mezclados de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estos dos cultivos son termofílicos y se desarrollan bastante bien a altas temperaturas. Cuando los organismos están presentes en más o menos un número igual, el yogurt de soja desarrolla un sabor deseable y una acidez ligera. En la industria por lo general se utilizan cultivos concentrados congelados al granel o congelados deshidratados (Echavarría Pérez, 2007).

1.2.3.2 Características Fisicoquímicas y Microbiológicas

Al inicio, durante y al final del proceso se toma muestras para efectuar análisis de control Bromatológicos y Microbiológicos para garantizar la calidad del producto. El yogurt de soja para ser considerado apto para el consumo humano debe cumplir con ciertos requisitos fisicoquímicos y bacteriológicos (Echavarría Pérez, 2007). En la tabla 1.1 se muestran las características físico-químicas y microbiológicas del yogurt de leche.

Tabla 1.1. Características Físico-Químicas y Microbiológicas del yogurt (Echavarría Pérez, 2007).

Físico Químicas		Microbiológicas	
Acidez	0.7 – 0.9	Coliformes totales NMP / g	<3
Grasa	1.8 %	Coliformes fecales NMP / g	<1
Sólidos	10	Escherichia Coli / g	NEGATIVO
Viscosidad	menor a 16	Hongos y levaduras /g	<1
-	-	Estafilococos Aureus	NEGATIVO

1.2.4 Queso

El queso es un alimento sólido elaborado a partir de la leche cuajada de vaca. La leche es inducida a cuajarse usando una combinación de cuajo (o algún sustituto) y acidificación. Las bacterias se encargan de acidificar la leche, jugando también un papel importante en la definición de la textura y el sabor de la mayoría de los quesos. Algunos también contienen mohos, tanto en la superficie exterior como en el interior.

Para algunos quesos se cuaja la leche añadiéndole ácidos tales como vinagre o jugo de limón. Sin embargo, la mayoría se acidifican en grado menor gracias a las bacterias que se le añaden, que transforman los azúcares de la leche en ácido láctico, a lo que sigue la adición de cuajo para completar el proceso de cuajado. El cuajo es una enzima tradicionalmente obtenida del estómago del ganado lactante, pero actualmente también se producen sustitutos microbiológicos en laboratorio

1.2.4.1 Clasificación de los quesos

Resulta muy difícil realizar una clasificación estricta, debido a la amplia gama de quesos existentes.

Según el código alimentario se clasifican según el proceso de elaboración y el contenido en grasa láctea (%) sobre el extracto seco.

Según sea el proceso de elaboración:

- Fresco y blanco pasteurizado: el queso fresco es aquel que está listo para consumir tras el proceso de elaboración y el blanco pasteurizado es el queso fresco cuyo coágulo se somete a pasteurización y luego se lo comercializa.
- Afinado, madurado o fermentado: es aquel que luego de ser elaborado requiere mantenerse durante determinado tiempo (dependiendo del tipo de queso) a una temperatura y demás condiciones para que puedan generarse ciertos cambios físicos y/o químicos característicos y necesarios.

Los quesos fundidos deben contener como mínimo un 40% de grasa. Esta clasificación nos permite comprender que el queso es un alimento rico en grasas de origen animal, ya que un queso fresco nos aportará al menos un 15% de grasa, excepto queelijamos alguna versión “Light” (Echavarría Pérez, 2007).

1.2.5 Queso Crema

El queso crema es elaborado primordialmente con leche y crema, acidificada por cultivo de bacterias lácticas y coagulada por enzimas específicas, se encuentra en la categoría de pasta blanda o quesos frescos que tienen entre 45-55% de agua y con contenidos de grasa entre 20-30%, con acidez titulable de 90-95°D y un pH (concentración de iones de hidrógeno) entre 4-4.7, no es necesaria su maduración posterior a su elaboración, es de color blanco y en ocasiones algo amarillento, de consistencia pastosa fina, se empaca en envases de poliestireno en forma de tarros, se conserva a temperaturas menores a 10°C y tiene una vida de anaquel promedio de 30 días.

1.2.5.1 Clasificación

Este queso se encuentra en la clasificación de quesos de pasta blanda o no madurados ya que no requiere ser almacenado después de su elaboración para poder ser consumido. Pero a pesar de tener un proceso de fabricación controlado, este producto no deja de estar entre la categoría de perecederos (Castillo, 2009).

1.2.6 Mantequilla

La mantequilla es un derivado lácteo que tiene importancia como alimento por la grasa que contiene. Nutricionalmente esta grasa es importante porque transmite las vitaminas liposolubles de la leche como son las vitaminas A, D y E principalmente. En cuanto a su valor energético es equivalente al de otras grasas y aceites.

Desde el punto de vista legal, la mantequilla se define como el producto graso obtenido exclusivamente de leche o nata de vaca higienizada.

Técnicamente la mantequilla es una emulsión del tipo “agua en aceite”, obtenida por batido de la nata, y que contiene no menos del 82 % de materia grasa, no más del 16 % de agua y un 2 % de otros componentes de la leche (Flores Ramos, 2014).

Tabla 1.2. Componentes de la mantequilla (Flores Ramos, 2014).

COMPONENTES	%	DETALLE
FASE GRASA	82	Triglicérido 82% Fosfátidos 0,2 –1 % Caroteno 3-9 ppm Vitamina A 9-30 ppm Vitamina D 0,002-0,040 ppm Vitamina E 8-40 ppm
AGUA	<16	
EXTRACTO SECO MAGRO	<2	Lactosa 0,1 – 0,3% Acido Láctico 0,15 % (fermentada) Materias Nitrogenadas 0,2-0,8 % Caseína 0,2 -0,6 % Lactoalbúmina 0,1-0,05 % Trazas de: Proteínas de la membrana

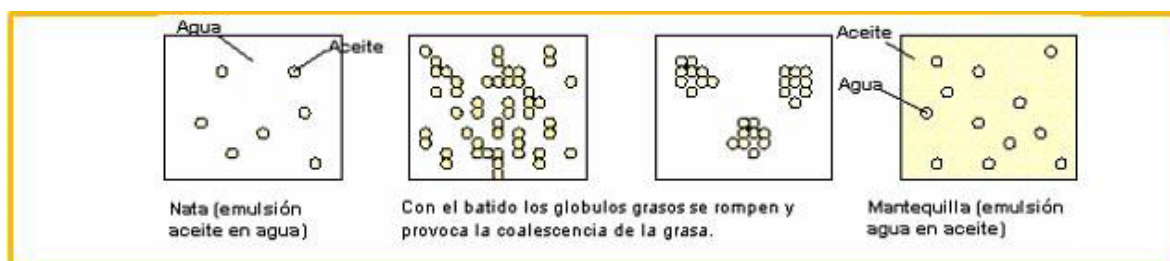


Figura 1.1. Proceso de emulsión de la mantequilla (Flores Ramos, 2014).

1.2.6.1 Clasificación

Existen varios tipos de mantequilla, según el proceso de elaboración:

- Mantequilla dulce: mantequilla obtenida a partir de nata dulce.

- Mantequilla ácida: mantequilla obtenida a partir de nata ácida o fermentada.

Ésta ha sido acidificada por el crecimiento bacteriano.

La mantequilla también puede clasificarse en función de su contenido en sal: sin sal, salada y extrasalada. En un principio, la sal se añadía como conservante, actualmente se utiliza como potenciador del sabor.

1.2.6.2 Inoculación

Los microorganismos, responsables del aroma, utilizados para a la elaboración de la mantequilla son: *Str. diacetylactis* y *Leuc. Citrovorovum*. El ácido láctico, el diacetilo y el ácido acético son las sustancias aromáticas más importantes producidas por las bacterias, siendo el más relevante el diacetilo. La inoculación debe realizarse antes de la etapa de maduración. El cultivo es mezclado con la nata en la tubería por donde pasa la nata antes de ser bombeada al depósito de maduración o en el mismo depósito de maduración. La cantidad de cultivo viene determinada por el tipo de maduración (programa de temperaturas) que sufrirá la nata.

1.2.6.3 Maduración

El objetivo de la maduración es acidificar la nata (proporciona aroma y sabor) y cristalizar la materia grasa de forma simultánea en depósitos de maduración (Flores Ramos, 2014).

1.3 Intercambiadores de calor

Cualquier aparato diseñado para transmitir la energía calorífica desde un medio (gas o líquido) hacia otro medio es denominado Intercambiador de calor. En el Intercambiador de calor, el calor es transferido desde el medio caliente hacia el medio frío por conducción y convección, y algunas veces por radiación en el caso de gases. Una condición para la transferencia de calor es que exista un gradiente de temperatura entre los dos medios.

Los modernos intercambiadores de calor van desde los intercambiadores simples de tubos concéntricos hasta complejos intercambiadores con cientos de metros cuadrados de área de calentamiento. Entre estos dos extremos se encuentran el intercambiador convencional de casco y tubos, intercambiadores con tubos de superficie extendida, intercambiadores de placas, hornos y muchas otras variedades de equipo.

1.3.1 Tipos de intercambiadores de calor

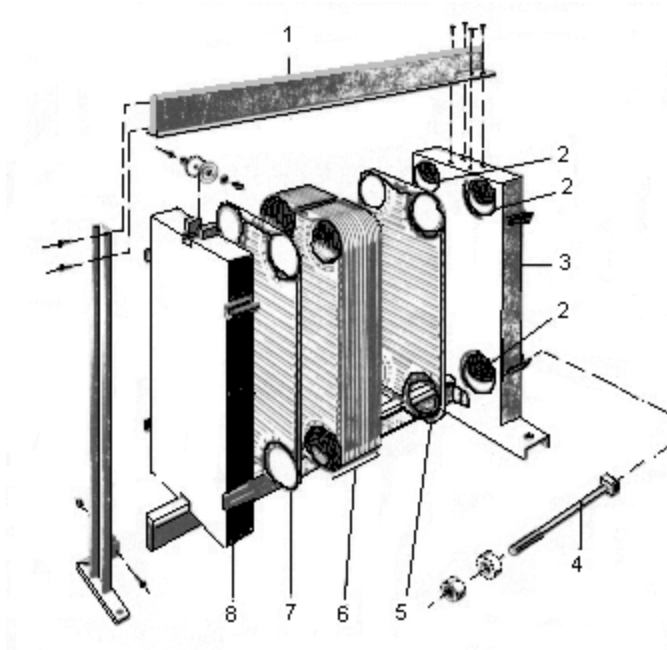
Los intercambiadores de calor de acuerdo a su construcción pueden dividirse en tres grandes grupos:

- Intercambiadores compactos. - los que están hechos en base a placas o laminas “planas” paralelas.
- Intercambiadores tubulares. - los que están hechos en base a tubos.
- Intercambiadores misceláneos. - los que tienen diferentes configuraciones según el requerimiento específico.

De todos estos tres grupos, los que predominan en la industria son los intercambiadores compactos y los intercambiadores tubulares. Aunque hace pocos años casi todos los intercambiadores de calor eran del tipo tubular (*doble tubo y de casco y tubos*), actualmente estos están siendo remplazados por los denominados intercambiadores compactos (*intercambiador de placas, de espiral y laminar*) y para procesos específicos se usan los intercambiadores que pueden considerarse dentro de los misceláneos (*chaqueta, espiral calentadora de aire, enfriador por goteo, líneas trazadoras, etc.*)

1.4 Pasteurizadores o intercambiadores a placas

Un intercambiador de placas consiste de una armazón y de placas corrugadas o ranuradas de metal. La armazón incluye una placa fija, una placa de presión y partes de conexión y presión. Las placas son presionadas unas a otras sobre una armazón (Figura 1.2). Las placas extremas no transfieren calor.



1 Armazón fija

5 Empaquetaduras

- 2 Conexiones de entrada y salida
- 3 Placas extrema inicial
- 4 Perno de ajuste
- 6 Placa térmicas
- 7 Conexiones entre placas
- 8 Placa extrema de presión

Figura 1.2. Partes del intercambiador de placas

1.4.1 Ventajas

Ciertas condiciones lo hacen más atractivo que las unidades tubulares para las mismas aplicaciones. Entre las ventajas que ofrecen los intercambiadores de placas están:

- Mayor área de transferencia por unidad de volumen (ocupan menos espacio)
- Altas flexibilidades en el diseño de las áreas de transferencia y arreglos de flujos
- Puede operar con más de dos fluidos
- Alta turbulencia, produciéndose un coeficiente de película elevado y baja incrustación; lo cual lleva consigo una disminución en el área necesaria para la transferencia de calor
- Bajas caídas de presión
- Facilidad para extender o rearmar la unidad para incrementos o modificaciones de las cargas de calor
- Facilidad de mantenimiento
- Aproximación de temperaturas

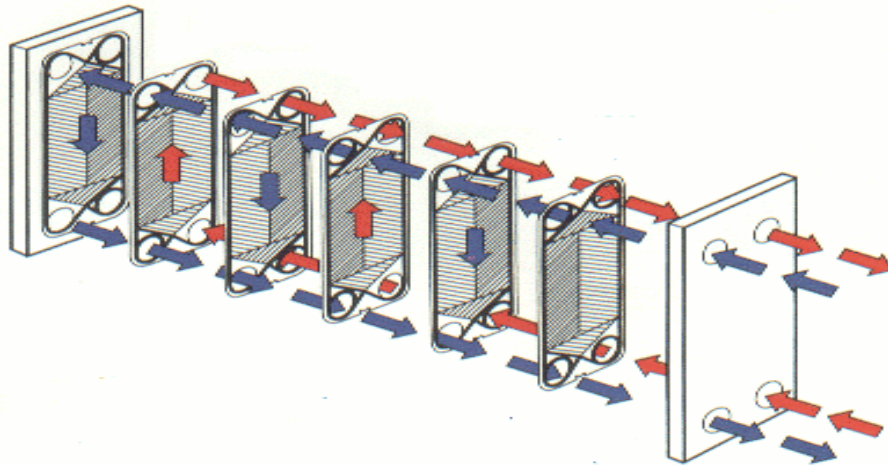


Figura 1.3. Flujos en un intercambiador de placas

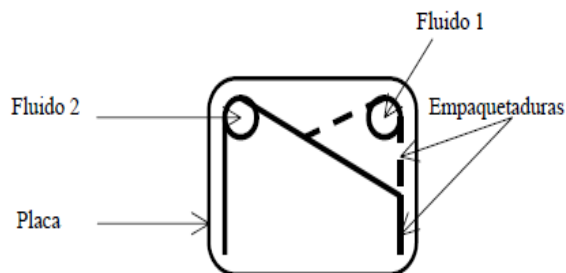


Figura 1.4. Disposición de las empaquetaduras

1.4.2 Mecanismo de transferencia de calor

Como se muestra en la Figura 1.5 el flujo en un canal puede recibir simultáneamente calor de dos corrientes adyacentes fluyendo en direcciones opuestas. Las placas son adicionadas para incrementar el área de transferencia de calor, otros modelos de flujo más complejos y muchas configuraciones se pueden obtener (Albitres, 2009).

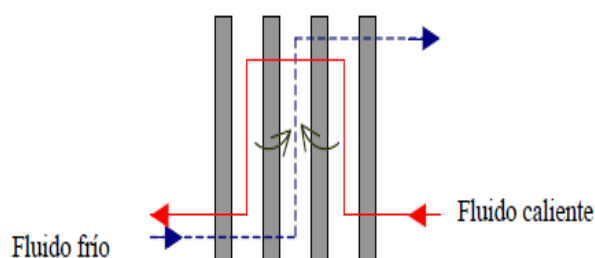


Figura 1.5. Transferencia de calor entre dos fluidos

1.5 Generación de vapor

La forma más común de producir vapor es a partir de los generadores de vapor (calderas). Un generador de vapor es un equipo capaz de transformar en energía térmica, la energía contenida en los combustibles fósiles mediante su combustión y transferirla al agua para generar vapor, el cual en lo adelante se utilizará como tal o como sustancia de trabajo en otros equipos o procesos. Las calderas se dividen en dos grupos: los de tubo de fuego y los de tubo de agua (Rivas, 2000).

1.6 Pérdidas de calor en las tuberías

Las tuberías de calor que distribuyen un medio calefactor pierden algo de calor en los alrededores. Esta pérdida de calor provoca la refrigeración no deseada del medio en las tuberías. Estas pérdidas de calor pueden minimizarse mediante el aislamiento y el ajuste de la temperatura del medio en relación con la temperatura exterior. Estas también pueden deberse cuando circulen fluidos muy fríos. En tales situaciones, las tuberías están

aislados para evitar que el medio se caliente por el entorno y para evitar que el medio se caliente por el entorno y para evitar que se forme condensación o escarcha en la superficie externa de la tubería (Aristizábal, 2014).

1.6.1 Aislamiento de tuberías

Las tuberías que transportan medios calientes están aisladas para minimizar las pérdidas de calor no intencionadas. Consideraciones que se deben tener en cuenta a la hora de aislar tuberías: tipo de tubería, medio bombeado y entorno (García-Muñoz, 2017).

1.7 Análisis económico

Toda inversión está acompañada de rendimientos, los cuales pueden ser medidos utilizando herramientas apropiadas para tal efecto, las más conocidas son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La razón principal de evaluar la rentabilidad de una inversión se debe a determinar de antemano si esta generará utilidades a los inversionistas.

1.7.1 VAN.

Es el valor monetario que resulta de restar a la inversión inicial la suma de los flujos descontados. Este permite interpretar fácilmente su resultado en términos monetarios. Supone una reinversión de todas las ganancias anuales y los criterios de decisión a aplicar a efectos de tomar una decisión son:

- VAN mayor que cero , acepte el proyecto
- VAN menor que cero, rechace el proyecto y si es igual que cero la decisión quedará en manos del analista.

1.7.2 TIR

En términos generales es la tasa que hace que el VAN sea igual a cero. También podemos decir que es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es importante tener presente que el primer criterio para tomar la decisión o rechazar un proyecto no es cálculo en sí, sino que es justamente la correcta determinación de la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) dado que la misma está estructurada tomando en consideración el riesgo que conlleva la inversión.

Si $TIR > TMAR$ acepte el proyecto.

Si $TIR < TMAR$ rechace el proyecto (Vaca, 2019).

1.8. Conclusiones parciales

1. La leche se somete a diferentes procesos térmicos como pasteurización, por lo que es una fábrica gran consumidora de vapor. El vapor empleado en el proceso es suministrado por una caldera.
2. El balance térmico permite conocer los consumo de vapor por equipos y procesos, herramienta fundamental en la toma de decisiones.
3. Para la pasteurización de la leche y demás productos lácteos se recomiendan intercambiadores de calor a placas.
4. El recubrimiento de las tuberías debe realizarse utilizando método de optimización de las pérdidas de calor.

Capítulo 2: Materiales y métodos.

2.1 Introducción o caracterización

La Empresa de Productos Lácteos, perteneciente a la Unión Láctea, adscripta al MINAL está ubicada en la carretera de Zaza, en el municipio de Sancti-Spíritus. Esta tiene como misión la producción y comercialización de productos alimenticios de alta calidad, así como la prestación de servicios energéticos y de empleo, de forma eficiente y eficaz, capaz de satisfacer las necesidades plenas del cliente, contando para ello con una tecnología adecuada y un clima laboral favorable.

2.2 Descripción de los procesos.

2.2.1 Leche pasteurizada

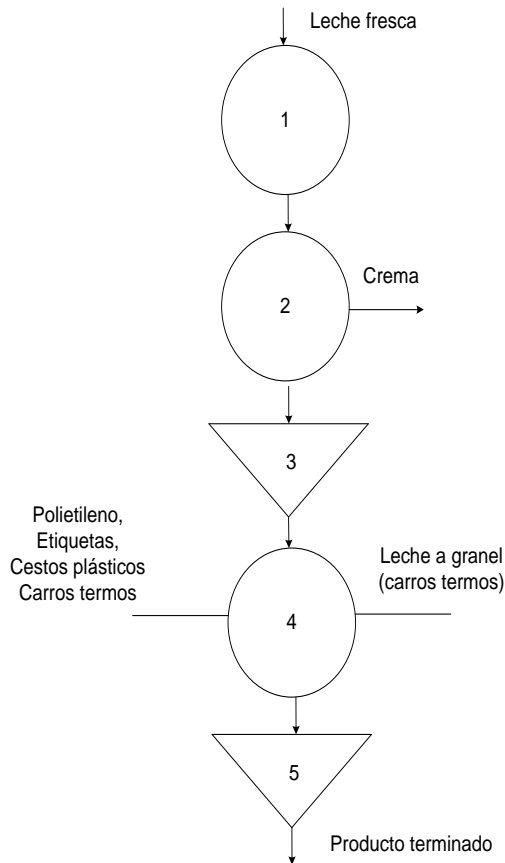
Recibimiento de la leche: una vez que la leche llega a la fábrica se le toma la temperatura y se realiza la prueba de acidez. La fábrica consta con dos líneas de recibo de leche. Ambas líneas cuentan con bombas para la entrada de leche, válvulas de retención o cheques que impiden el retorno de la leche a los tanques de pesa y filtros mecánicos para impedir la entrada de partículas de gran tamaño que puedan venir en la leche.

Enfriamiento: se realiza en una cortina de enfriamiento que está dividida en dos secciones (una para cada línea). La leche se enfría al intercambiar su calor, a contracorriente, con agua helada a 1,5 °C proveniente de los bancos de hielo. La leche debe salir lo más fría posible. La leche cuando sale de la cortina es enviada a los silos, provistos de doble pared con un material aislante para impedir el calentamiento de la leche en el interior del tanque.

Pasteurización: se utiliza el método de alta temperatura en corto tiempo (HTST) donde se expone la leche a una temperatura de 76°C por un tiempo de 15 a 20 segundos utilizando un equipo de intercambio a placas tipo regenerativo y con etapas de clarificación y homogeneización. Entra en la sección de calentamiento para elevar la temperatura hasta 76°C intercambiando con agua caliente, que a su vez se calienta con vapor de agua. Luego pasa al tubo de retención o mantenimiento donde demora de 15 a 20 segundos a esa temperatura para completar los parámetros deseados, hasta llegar a

la sección de enfriamiento para intercambiar con agua helada, logrando que la leche salga lo más fría posible.

La leche una vez pasteurizada puede distribuirse para el consumo humano o puede convertirse en materia prima para otros procesos entre los que están la fabricación de yogurt de leche y de queso crema.



Evento	Concepto
1	Recepción de Leche Fresca
3	Clarificación-descreme, Pasteurización y Enfriamiento de la leche
4	Almacenamiento de la Leche Pasteurizada
5	Llenado, Etiquetado y Embalado
6	Almacenamiento del producto terminado en nevera

Figura 2.1. Diagrama general del proceso de leche pasteurizada.

2.2.2 Yogurt natural

Recibimiento de la leche: es enviada a un tanque para medir el volumen y analizar la leche (temperatura, acidez, densidad, % de grasa y % de SNG).

Estandarización: se procede a la adición de las materias primas (leche fresca pasteurizada, LDP, azúcar, cultivo lácteo y sorbato de potasio) para lo cual se recircula la leche a través de un circuito cerrado formado por el pasteurizador, una mesa de

reconstitución que, por medio del vacío que se establece, absorbe la materia prima (azúcar y LDP) para luego volver al mismo tanque.

Pasteurización: se realiza en un equipo similar al de la leche, intercambiador de tipo regenerativo donde se va calentando la mezcla hasta alcanzar 90°C a la salida de la sección de calentamiento. Luego pasa al tubo de retención o mantenimiento para estar 5 minutos y completar la combinación tiempo/temperatura establecida para el yogurt. Por último, sale de la primera sección de regeneración a una temperatura entre 42 y 45°C, que es el rango óptimo de inoculación y es enviado a otro tanque destinado a la maduración de la mezcla.

Inoculación: en este caso al 3 % de la masa total, manteniendo ininterrumpidamente la agitación hasta 5 minutos después de terminada la adición de cultivo en el tanque para lograr que se distribuya el cultivo uniformemente. el proceso de maduración que debe durar entre 2½ a 3 horas.

Enfriamiento: se bombea a través de una cortina de frío donde intercambia a contracorriente con agua helada a 1°C y es enviado al tanque de almacenamiento.

Envasado y etiquetado: se envasa mediante la máquina llenadora.

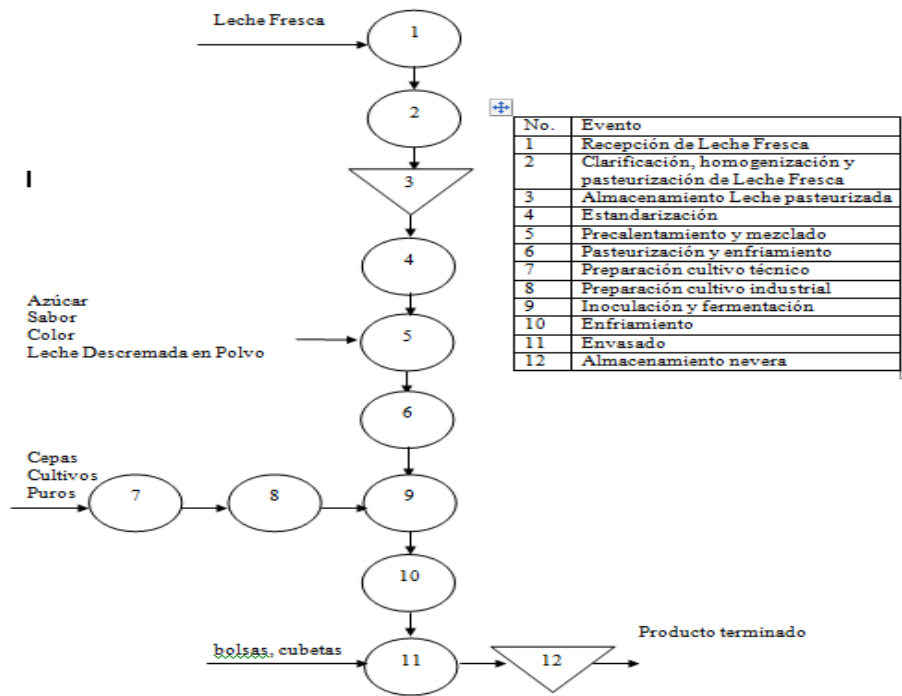


Figura 2.2. Diagrama general de la obtención del yogurt.

2.2.3 Queso Crema

Recibimiento de la leche: medir el volumen y analizar la leche (temperatura, acidez, densidad, % de grasa y % de SNG).

Estandarización: adición de las materias primas para la fabricación de queso crema tenemos: leche fresca pasteurizada, LDP (leche descremada en polvo), grasa vegetal hidrogenada, crema o nata de leche, mantequilla sin sal (MSS) y cultivo lácteo. Por otra parte, se realiza la fusión de la grasa en el liquidificador a una temperatura de 80°C, mesa de reconstitución que, por medio del vacío que se establece, absorbe la materia prima añadida (grasa vegetal y LDP).

Homogenización: triturar los glóbulos de grasa para que se distribuyan de manera uniforme en la mezcla.

Pasteurización: la mezcla luego de pasar por las secciones de regeneración llega a la sección de calentamiento para alcanzar una temperatura de $74 \pm 2^\circ\text{C}$ al intercambiar con agua caliente. Luego pasa al tubo de retención o mantenimiento para estar un tiempo de 15 a 20 segundos a esa temperatura y regresa atravesando las secciones de regeneración para finalmente enfriarse en un rango de 19-24 °C, que es el rango óptimo para llevar a cabo la inoculación.

Maduración: Las variables a controlar en esta etapa son las temperaturas de pasteurización y de enfriamiento de la mezcla.

Inoculación y coagulación: el cultivo industrial conservado en los tanques cultivadores se adiciona a la mezcla por bombeo. Después de terminada esta adición deberá agitarse el tanque ininterrumpidamente hasta 5 minutos, momento en que se detiene la agitación y comienza la maduración. Se mantiene en reposo de 14 a 17 horas para su fermentación. Alcanzada ya la acidez deseada se procede al rompimiento del coágulo que se realiza agitando la mezcla por un tiempo de 30 minutos.

Calentamiento: se envía calentador tubular para elevar la temperatura a 74-78 °C al intercambiar calor con vapor de agua, facilitando con esta temperatura

Desuere: se realiza a continuación en las máquinas separadoras. Como resultado de este proceso de separación se van a obtener el queso con 53 a 55 % de humedad y grasa con 32 a 34 %

Estabilización y salado: se le agregan sal común, goma vegetal y sorbato de potasio como conservante

Homogenización del queso: se logra una masa de queso crema uniforme

Envasado, etiquetado y embalado del queso.

Almacenamiento: se almacena el producto terminado en nevera a la temperatura establecida hasta su distribución.

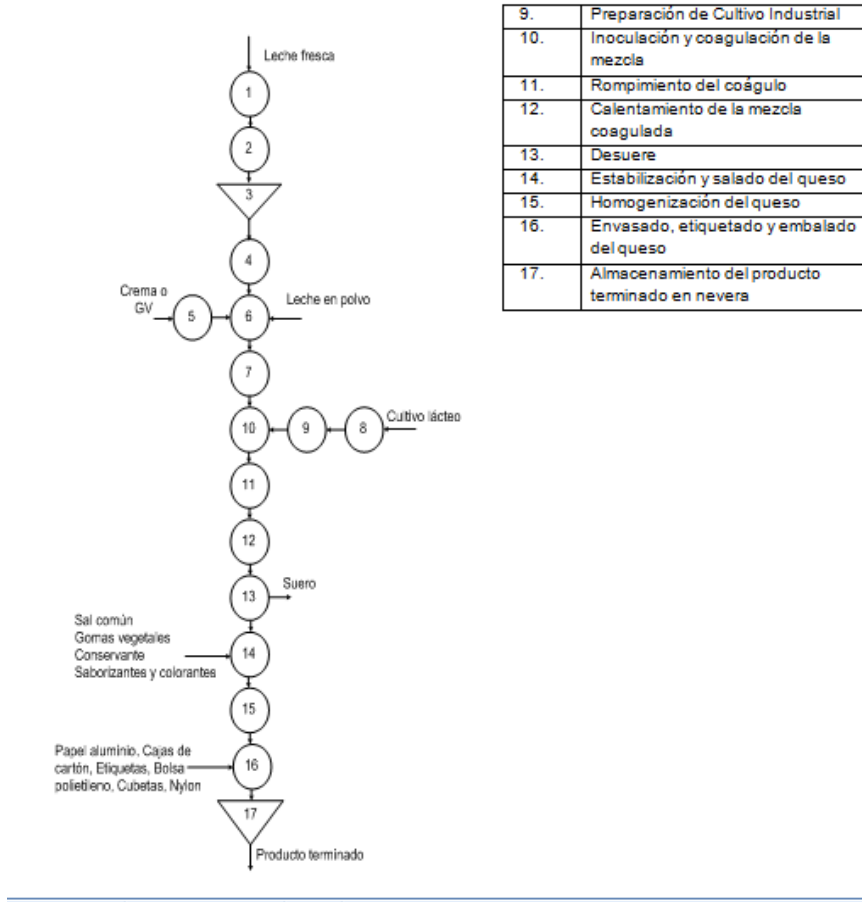


Figura 2.3. Diagrama de obtención de la mantequilla

2.2.4 Mantequilla

Recepción y almacenamiento de la crema: Almacenar la crema fría en el tanque de almacenamiento en espera de ser pasteurizada. La crema debe pasteurizarse el mismo día que se obtenga del descreme de la leche fresca.

Pasteurización: la temperatura de pasteurización de la crema entre 90° C a 92 °C, se incorpora agua primeramente hasta que alcance la temperatura anteriormente establecida esterilizando a su vez el sistema, iniciando así el proceso de llenado del pasteurizador con

la crema observando que la misma desaloja el agua del sistema a través del tubo de drenaje. Luego puede dar inicio a la pasteurización de la misma. La crema debe salir de la sección de pasteurización a una temperatura no menor de 85 °C y de enfriamiento máx. 12 °C.

Batido: Finalizado el batido de la crema se detiene la batidora con el embudo hacia abajo con lo que se separan las dos fases por diferencia de densidades. Se hace la instalación hacia el embudo, se abre la válvula de salida para retirar el suero, el cual será almacenado en un tanque destinado para este fin.

Se abre la válvula manual para añadir agua potable fría a la batidora. A continuación se cierra la tapa y se le da vueltas a la batidora para proceder al lavado consistente en sustituir las gotas de suero emulsionado por gotas de agua pura con lo que se elimina una fracción de producto de degradación microbiana. El lavado se hará las veces necesarias hasta obtener el valor de acidez necesario.

Envasado, etiquetado y embalado: efectuar el empaque en pastilla. Posteriormente se colocarán en cajas de cartón'

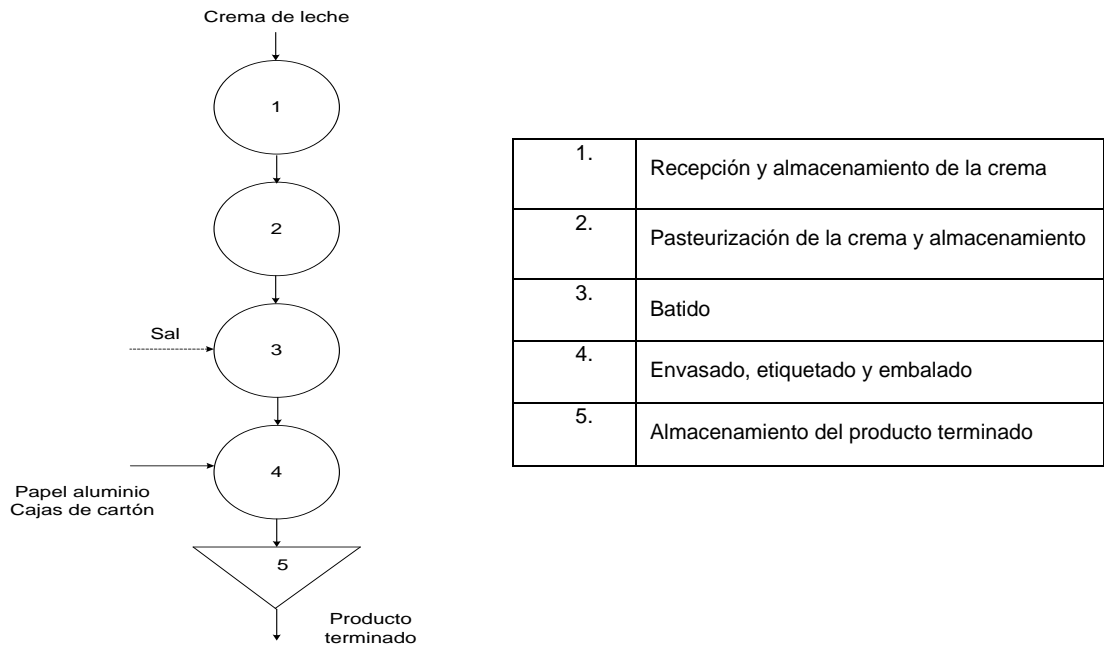


Figura 2.4. Diagrama de obtención de la mantequilla

2.2.5 Helado

Recepción de leche: Se descarga del carro cisterna la leche en el tanque de recepción.

Estandarización: La estandarización de los componentes de la mezcla de las materias primas debe quedar balanceada de acuerdo al tipo, cantidad y composición del helado a elaborar.

Adición de los ingredientes: Adicionar la leche en polvo, la grasa, azúcar, estabilizador, saborizantes, colorantes, sal fina, agua potable que conformarán la mezcla de helado de acuerdo a la estandarización anteriormente efectuada

Pasteurización: La mezcla de helado se circula en circuito cerrado entre el tanque de mezcla y el intercambiador de calor a placas hasta alcanzar una temperatura de 80°C mediante intercambio con vapor. Después de alcanzar esta temperatura se mantiene la mezcla durante 30 minutos en el tanque para garantizar su pasteurización

Homogenización y enfriamiento de la mezcla: La mezcla pasteurizada se bombea hasta el intercambiador de calor a placas para disminuir su temperatura a 65°C mediante intercambio con agua helada alcoholada. Después pasa por los homogeneizadores donde se homogeniza a una presión de 14 MPa a 18 MPa (140 Kgf/cm² a 180 Kgf/cm²). La mezcla se enfría en un intercambiador de calor hasta alcanzar los 275 K a 279 K (2°C a 6°C) y se vierte en los tanques de maduración que se vayan a utilizar.

Envejecimiento y almacenamiento de la mezcla: Una vez que la mezcla se encuentre en el tanque de maduración comenzará el proceso de envejecimiento donde permanecerá en constante agitación y enfriamiento a una temperatura de 275 K a 279 K (2°C a 6°C) durante 4 horas como mínimo, hasta el envasado del producto.

Envasado y etiquetado del producto: la mezcla que se encontraba en el tanque de maduración cae por gravedad a la máquina de helado, donde se le incorpora aire y se somete a un proceso de batimiento, para alcanzar el rendimiento deseado del producto. El producto saldrá por un tubo llenador hacia los envases en los diferentes formatos, que a su vez contendrán en su interior una bolsa de nylon garantizando las condiciones higiénicas del producto y su presentación. Acto seguido se le colocarán al envase etiquetas adhesivas

Almacenamiento: el producto será almacenado en la nevera, dentro de la cual será colocado por el operador en estibas sobre pallets de madera. El número de estibas será de acuerdo al formato de envase que presente de forma tal que se garantice la integridad de los mismos. El producto permanecerá almacenado a una temperatura de 253 K (-20°C).

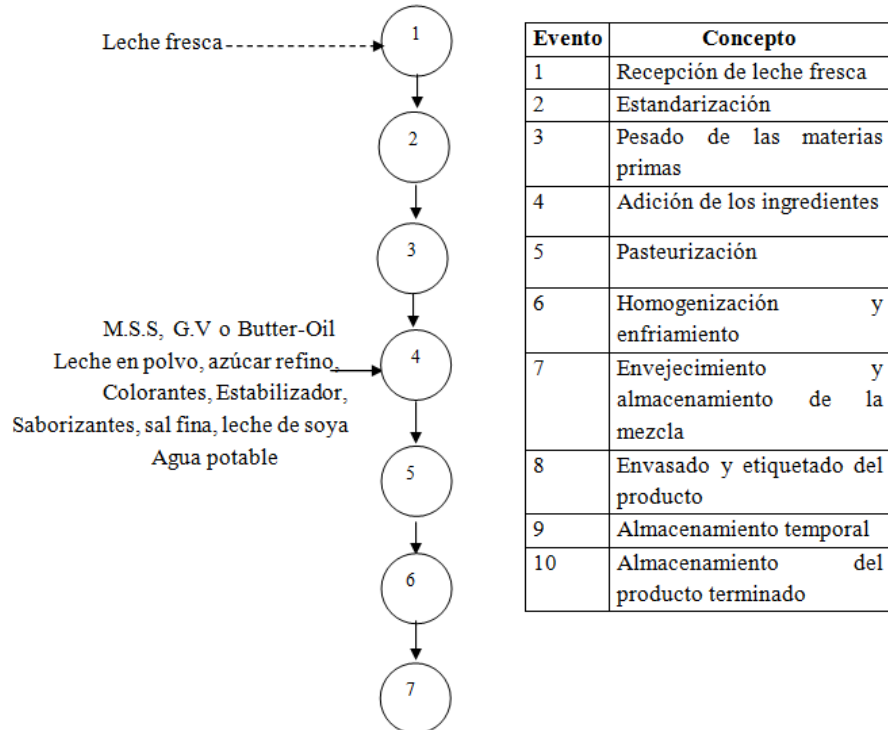


Figura 2.5. Diagrama para la obtención de helado

2.2.6 Queso Blanco

Clarificación-descreme y Pasteurización de la leche fresca: La leche, que se encontraba en el silo es impulsada por bombeo al tanque BTD y de este a la segunda sección del pasteurizador donde alcanza una temperatura alrededor de los 323 K (50°C) debido al intercambio de calor. Cuando esto ocurre, pasa por la descremadora-clarificadora eliminando las suciedades presentes y se obtiene la crema de leche. La crema se bombea hasta los tanques de crema. La leche descremada retorna al pasteurizador y continúa aumentando su temperatura hasta los 347 K ± 2 K (74°C ± 2°C) durante 15 segundos, posteriormente se refresca hasta una temperatura de 305K a 308 K (32°C a 35°C) aproximadamente, pasando finalmente a la cuba de queso.

Estandarización: La estandarización de las materias primas que intervengan en este evento debe quedar balanceada de acuerdo a los índices de consumo establecidos de forma tal que el producto final cumpla con las especificaciones de calidad según la norma NC 78-28:86.

Adición y coagulación: Una vez vertida en la cuba la leche destinada a la fabricación del queso, se procede a la adición del cloruro de calcio, el nitrato de potasio y el cuajo. (Estas sales son disueltas previamente en agua antes de ser adicionadas a la leche).

Posteriormente se agita manualmente mediante una espátula de madera previamente higienizada, con el objetivo de esparcir uniformemente las sales y el cuajo en toda la leche.

Cuando se obtenga una cuajada con la consistencia requerida finaliza la operación

Corte de la cuajada, desuere y cocción: La cuajada, una vez obtenida la consistencia deseada, se corta con liras apropiadas, las cuales se mantienen en movimiento durante un tiempo determinado hasta obtener un grano de tamaño grande. Posteriormente se agita a una velocidad lenta durante un tiempo determinado (2 a 5 minutos) hasta que los granos adquieran la consistencia deseada, dando lugar al desuere (30 a 40 % del total de leche). Al mismo tiempo que se extrae el suero, se mantiene en agitación la cuajada y se comienza a calentar la misma. Transcurrido aproximadamente 15 minutos, la cuajada se deja en reposo de 2 a 5 minutos, extrayéndose nuevamente alrededor de 30 a 40 % de suero. Una vez extraído el suero se agita la cuajada durante 2 a 3 minutos, con objeto de desmenuzar los aglomerados de cuajada que se han formado durante el reposo. Manteniendo la cuajada en agitación se continúa la cocción hasta alcanzar la temperatura deseada (39°C máximo). Durante este tiempo se adiciona la sal extrafina directamente a la cuajada y se continúa agitando de 2 a 3 minutos para extraer posteriormente el suero

Rastrillado, pre-prensado y desuere: Una vez terminada la cocción, la cuajada es transferida al sedimentador, donde es distribuida uniformemente con la ayuda del rastrillo, mientras se va produciendo la extracción del suero. Luego se procede al pre-prensado, aprisionando la cuajada durante 10 a 15 minutos, mediante planchas de acero inoxidable, eliminándose el suero restante.

Cortado, moldeo y prensado: El bloque de cuajada obtenido en la operación de pre-prensado es cortado en bloques más pequeños, según el tamaño de los moldes. Acto seguido se colocan en los respectivos moldes con sus paños o malla para su posterior prensado. (En caso de utilizarse paños, estos deben ser mojados en agua fría potable antes de su utilización). Luego los moldes se colocan en prensas durante un tiempo que oscile alrededor de 30 minutos, a una presión de aproximadamente 5 a 6 Kg/Kg de queso y posteriormente se someten a una presión de 10 Kg/Kg de queso durante otros 30 minutos. Transcurrido dicho tiempo los quesos se sacan de la prensa, se voltean y se colocan nuevamente en el molde sin la malla o el paño para su refrescamiento.

Enfriamiento, envasado, etiquetado y embalado: Los quesos en sus respectivos moldes son trasladados a la nevera siendo previamente identificados por lote de

producción, donde permanecerán a una temperatura de 4 °C a 6 °C durante 12 a 24 horas. Transcurrido este tiempo son pesados, envasados en bolsas de nylon, etiquetados y embalados en cajas de cartón de forma individual.

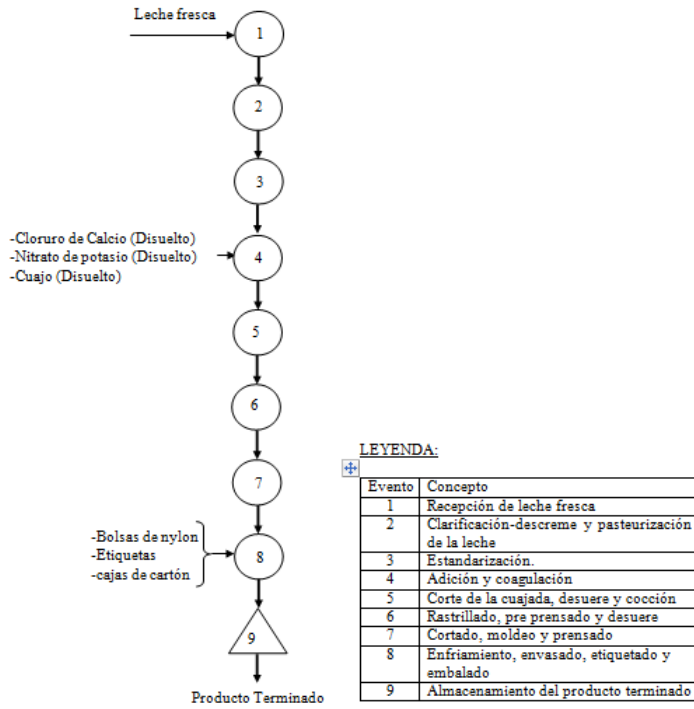


Figura 2.6. Diagrama para la obtención de queso blanco.

2.2.7 Queso Fundido

Recepción, pesado y almacenamiento de los quesos: se colocan adecuadamente en pallets de madera para que no se produzca el desuere de los quesos, almacenándose finalmente a una temperatura aproximada de 288 K a 293 K (15 °C a 20 °C), para su conservación.

Selección y pesado de los quesos: destinado a la selección de los quesos se encargará de realizar esta función. No se permitirá el empleo de quesos con sabores y olores extraños, saponificados, pútridos o con otras afectaciones higiénicas que lo limiten para el consumo humano. Los quesos que se encuentren en buenas condiciones serán pesados.

Resano y pesado de los quesos: Eliminar el plástico o parafina y la contaminación de la corteza, así como pesar nuevamente los quesos.

Picado de los quesos: Durante esta operación los quesos serán picados en el molino. Los trozos obtenidos se depositarán manualmente en cubetas higienizadas para ser transportados y vertidos posteriormente en el tacho.

Estandarización: Determinar la cantidad de materias primas que intervienen en el proceso.

Adición, agitación y fundición: Las porciones de queso se vierten manualmente en el tacho de fundición, conjuntamente con las sales fundentes, sal común, sorbato de potasio, mantequilla sin sal, saborizantes y colorantes en el caso que proceda y agua potable según la estandarización realizada anteriormente. Una vez añadidos los ingredientes se da inicio a su agitación y fundición de 70°C a 90°C y tiempo de función de 10 minutos

Envasado, etiquetado y embalado del queso: se colocarán las bolsas de nylon en las cubetas o cajas de cartón y procederá al llenado de las mismas mediante la válvula de salida del tacho. Posteriormente procederá a etiquetar los envases

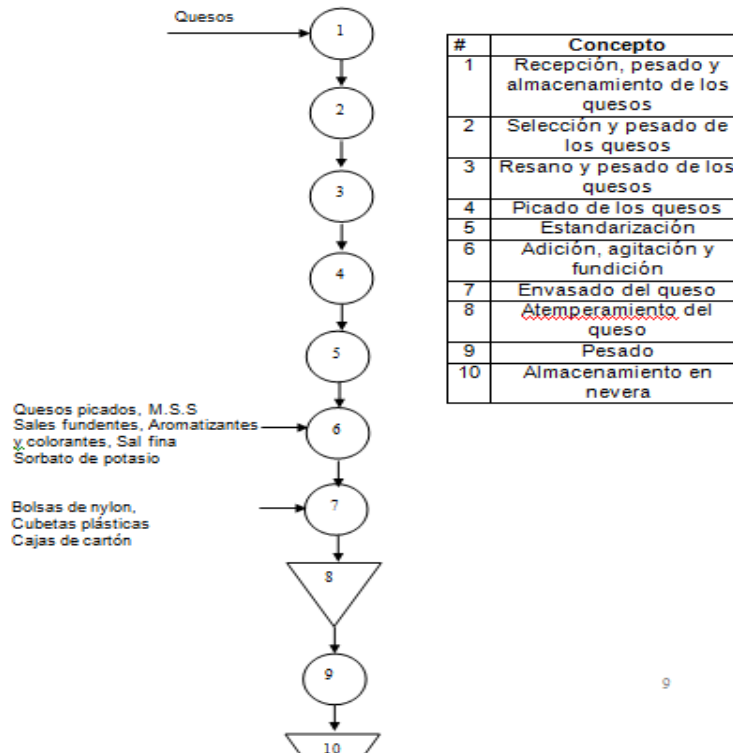


Figura 2.7. Diagrama general para la producción de queso fundido

2.2.8 Yogurt de soya

Almacenamiento del frijol de soya.

Estandarización: se determinará cuantitativamente la cantidad de materias primas que intervendrán en el proceso de obtención del soyurt.

Hidratación de los granos: los sacos de frijol descascarado son vertidos en el dosificador de granos del tornillo sinfín. Para la hidratación de los granos, se emplea una solución de bicarbonato de sodio al 5%. Una vez adicionadas el agua suave y la solución de bicarbonato, se procede a la hidratación de los granos con un período de retención en el sinfín de 11 min y una temperatura de 356 K a 358 K (83°C a 85°C), la cual se obtiene por inyección de vapor directo. Posteriormente los granos hidratados van cayendo en el molino para obtenerse la leche de soya. Las cáscaras que quedan flotando en el agua son extraídas hacia el tanque colector, del cual son depositadas en sacos para ser destinadas al consumo animal.

Molinado de los granos: el grano es molinado y colado a través de una malla obteniéndose una leche de soya parcialmente concentrada, la cual es bombeada al calefactor.

Ultra-Pasteurización y Desodorización: la leche se somete a una temperatura instantánea con vapor directo al producto, pasando luego por el tubo de retención durante 6 minutos y con una diferencia de temperatura entre la entrada y la salida no mayor de 5 °C a 7 °C, inactivándose los factores antinutricionales, la tripsina y la uncasea, y se produce el ablandamiento de los granos y partículas en suspensión. Posteriormente pasa al flasheador donde se eliminan los olores y sabores extraños.

Molinado final, refrescamiento y almacenamiento de la leche de soya: la leche se someterá a un segundo molinado y colado con una malla de 0,4 mm, bombeándose al intercambiador de calor para disminuir su temperatura debido al intercambio con agua suave y para ser almacenada posteriormente en los tanques guardas correspondientes.

Preparación del sirope: preparar el sirope con el azúcar y el carbonato de calcio, pasteurizándolo para ser añadido a la leche de soya.

Mezclado: mezclar la leche de soya con el sirope preparado.

Refrescamiento de la mezcla: La operación de homogenización se realizará a una presión de 150 Kg/cm² a 170 Kg/cm². La leche pasará al intercambiador de calor doble tubo que hará función de enfriador utilizando para ello agua suave, saliendo la mezcla de 45°C a 47°C, depositándose en los tanques de maduración para su inoculación.

Preparación de cultivo técnico: Los recipientes son colocados en el viscubator y se procede a calentarlos en un baño de agua caliente. Se procede a refrescar el baño pasando agua helada hasta la temperatura de 318 °K (45°C) en el caso de yogurt o 315 °K (42 °C) si es bioyogurt. Una vez alcanzada se añade a cada recipiente el 2 % de cultivo de laboratorio y se comienza contra el tiempo de maduración (2,5 horas). Los cultivos técnicos no deben utilizarse después de las 72 h de fabricados.

Preparación de cultivo industrial: Obtener la cantidad de inóculo necesario para la inoculación de las distintas masas de yogurt que serán elaboradas

Inocular la mezcla con cultivo industrial, incubarla y romper el coágulo de la misma para obtener finalmente el soyurt.

Enfriamiento del soyurt: el soyurt, una vez analizados los parámetros físico-químicos, microbiológicos y sensoriales, y dado el visto bueno para efectuar el llenaje del mismo, se bombea a la cortina de frío para disminuir su temperatura hasta 277 a 293 K (4 a 8°C) máximo, debido al intercambio de calor con agua helada, depositándose finalmente en los tanques de almacenamiento.

Llenado, etiquetado y embalaje del soyurt: este puede ser llenado en bolsas o a granel

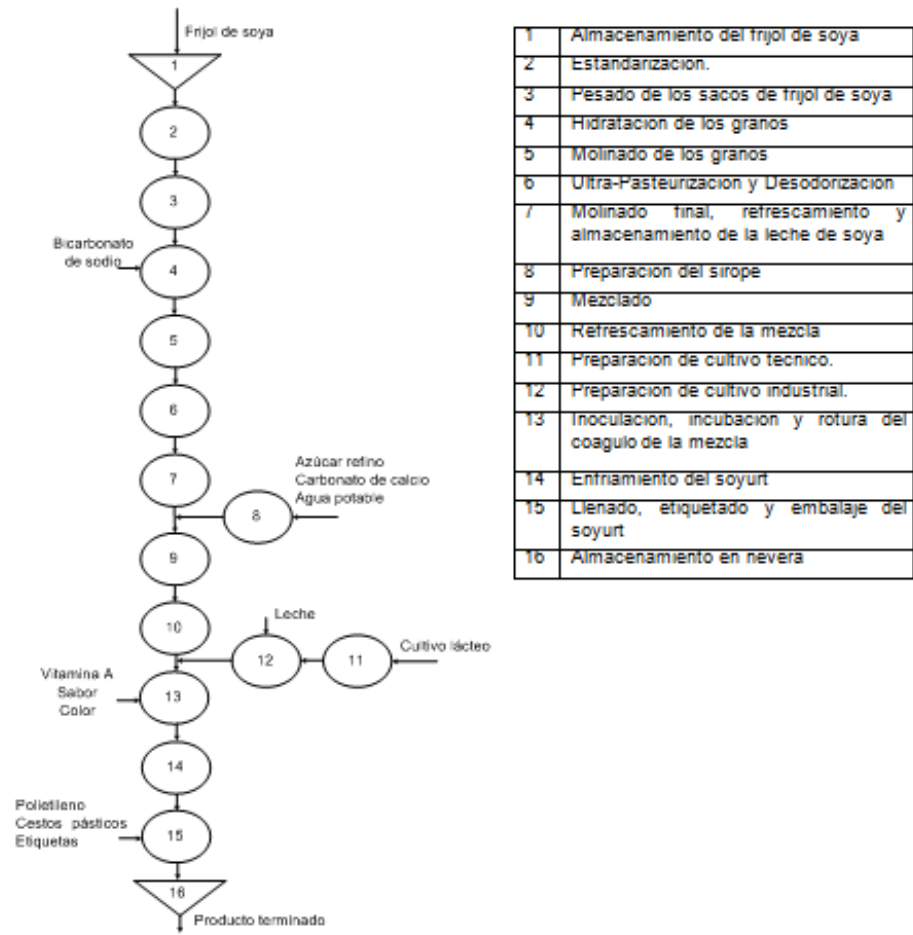


Figura 2.8. Esquema para la obtención de yogurt de soya

2.3 Esquema energético de la fábrica

En la Figura 2.9 se muestran el esquema energético de la fábrica con los principales equipos que consumen vapor.

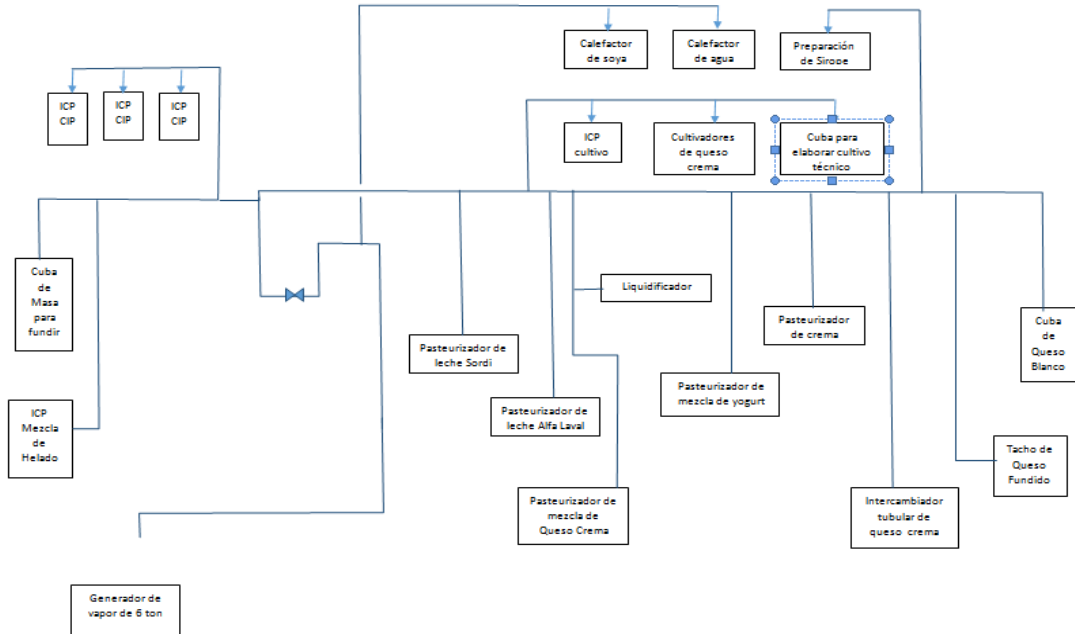


Figura 2.9. Esquema energético de la fábrica.

2.4 Planteamiento de los balances energéticos

En la tabla 2.1 se muestran las ecuaciones para calcular el consumo de vapor de la fábrica de acuerdo a cada línea de producción.

Tabla 2.1. Ecuaciones para realizar el balance energético

Producción	Equipo	Ecuaciones
Leche Pasteurizada	Pasteurizador Alfa Laval (sección de calentamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • $m = V * \rho$ (2.1) • $Qg = -Qc$ • $m * Cp * \Delta T = m * Cp * \Delta T$ • $m * Cp * \Delta T = m * \lambda$ • $L * CpL * \Delta TL = VV * \lambda VV$ $VV = \frac{L * CpL * \Delta TL}{\lambda VV} \quad (2.2)$
	Pasteurizador Sordi (sección	<ul style="list-style-type: none"> • $L * CpL * \Delta TL = A * CpA * \Delta TA$

	de calentamiento)	$A = \frac{L * CpL * \Delta TL}{CpA * \Delta TA} \quad (2.3)$ <ul style="list-style-type: none"> • $A * CpA * \Delta TA = V * \lambda V$ $V = \frac{A * CpA * \Delta TA}{\lambda V} \quad (2.4)$
Queso Crema	Pasteurizador Queso crema (sección de calentamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • $MQC * CpMQC * \Delta TMQC = A * CpA * \Delta TA$ $A = \frac{MQC * CpMQC * \Delta TMQC}{CpA * \Delta TA} \quad (2.5)$
	Liquidificador de grasa vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • $GV * CpGV * \Delta TGV = V * \lambda V$ $V = \frac{GV * CpGV * \Delta TGV}{\lambda V} \quad (2.6)$
	Intercambiador de tubo y conchas	<ul style="list-style-type: none"> • $MQC * CpMQC * \Delta TMQC = V * \lambda V$ $V = \frac{MQC * CpMQC * \Delta TMQC}{\lambda V} \quad (2.7)$
Yogurt de leche	Pasteurizador Yogurt de leche (sección de calentamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • $MYL * CpMYL * \Delta TMYL = A * CpA * \Delta TA$ $A = \frac{MYL * CpMYL * \Delta TMYL}{CpA * \Delta TA} \quad (2.8)$
Mantequilla	Pasteurizador de mantequilla (sección de calentamiento)	<ul style="list-style-type: none"> • $C * CpC * \Delta TC = A * CpA * \Delta TA$ $A = \frac{C * CpC * \Delta TC}{CpA * \Delta TA} \quad (2.9)$
Helado	Intercambiador de calor a placas	<ul style="list-style-type: none"> • $MH * CpMH * \Delta TMH = V * \lambda V$ $V = \frac{MH * CpMH * \Delta TMH}{\lambda V} \quad (2.10)$

Cultivo	Intercambiador de calor a placas para cultivo de yogurt	<ul style="list-style-type: none"> • $CY * CpCY * \Delta TCY = V * \lambda V$ $V = \frac{CY * CpCY * \Delta TCY}{\lambda V} \quad (2.11)$
	Cultivadores de Queso Crema	<ul style="list-style-type: none"> • $CQC * CpCQC * \Delta TCQM = V * \lambda V$ $V = \frac{CQC * CpCQC * \Delta TCQM}{\lambda V} \quad (2.12)$
	Cuba para Cultivo Técnico	<ul style="list-style-type: none"> • $A * CpA * \Delta TA = V * \lambda V$ $V = \frac{A * CpA * \Delta TA}{\lambda V} \quad (2.13)$
Queso Blanco	Cuba doblecero	<ul style="list-style-type: none"> • $L * CpL * \Delta TL = V * \lambda V$ $V = \frac{L * CpL * \Delta TL}{\lambda V} \quad (2.14)$
Queso Fundido	Cuba de masa para fundir	<ul style="list-style-type: none"> • $L * CpL * \Delta TL = V * \lambda V$ $V = \frac{L * CpL * \Delta TL}{\lambda V} \quad (2.15)$
	Tacho	<ul style="list-style-type: none"> • $MQF * CpMQF * \Delta TMQF = V * \lambda V$ $V = \frac{MQF * CpMQF * \Delta TMQF}{\lambda V} \quad (2.16)$
Yogurt de soya	Calefacto de soya	<ul style="list-style-type: none"> • $LS * CpLS * \Delta TLS = V * \lambda V$ $V = \frac{LS * CpLS * \Delta TLS}{\lambda V} \quad (2.17)$
	Calefacto de agua	<ul style="list-style-type: none"> • $A * CpA * \Delta TA = V * \lambda V$
	Tanque de preparación de sirope	<ul style="list-style-type: none"> • $S * CpS * \Delta TS = V * \lambda V$ $V = \frac{S * CpS * \Delta TS}{\lambda V} \quad (2.18)$

Donde:

- Q: Calor (kJ).
- Cp: Calor específico (kJ /kg°C).
- λ : Calor latente (kJ/kg)
- L: Flujo de leche (kg/h)
- A: Flujo de agua (kg/h)
- VV: Flujo de vapor al vacío (kg/h).
- V: Flujo de vapor (kg/h)
- MQC: Flujo de mezcla para queso crema (kg/h).
- MQC: mezcla de leche fresca, LEP, cultivo (LDP) y grasa vegetal
- GV: Flujo de grasa vegetal (kg/h).
- MYL: Flujo de la mezcla de yogurt de leche (kg/h)
- MYL: mezcla de leche, LDP, cultivo LDP, azúcar y sorbato.
- C: flujo de crema (kg/h).
- MH: Flujo de mezcla para helado (kg / h).
- MH: mezcla de leche fresca, LDP, grasa vegetal, azúcar, sal, estabilizador, sabor
- CY: Flujo de cultivo de yogurt (kg/h)
- CQC: Flujo de cultivo de queso crema (kg/h).
- MQF: Flujo de mezcla para queso fundido (kg/h)
- LS: Flujo de leche de soya (kg/h).
- S: Flujo de sirope (kg/h).

2.5 Dimensionamiento de un pasteurizador

El pasteurizador de placas está conformado por un tanque de balance y 3 zonas de intercambio de calor: calentamiento, regeneración y enfriamiento tal como se muestra en la Figura 2.10 y 2.11.



Figura 2.10 Pasteurizador

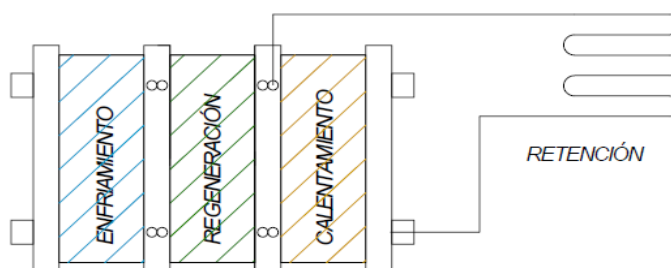


Figura 2.11. Secciones de un pasteurizador.

Para el diseño del intercambiador a placas se deben tener en cuenta un grupo de variables y ecuaciones que se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Metodología para el dimensionamiento de un pasteurizador

Diámetro equivalente del canal de flujo	$De = \frac{4 * W_1 * b}{2 * W_1 + 2 * b}$
Sección transversal del canal	$A_f = W_1 * b$
Área de transferencia de calor de una placa	$A_{placa} = L * W_1$
Flujo másico superficial	$G = \frac{W}{A_f}$

Número de Reynolds	$Re = \frac{De * G}{\mu}$
Número de Pradal	$Pr = \frac{C_p * \mu}{K}$
Coeficiente pelicular de transferencia de calor	$h = 0.2536 * \left(\frac{K}{De}\right) * Re^{0.65} * Pr^{0.4}$
Coeficiente total de transferencia de calor	$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_c}\right) + \left(\frac{x}{K}\right)_{placa} + \left(\frac{1}{h_f}\right) + R_{dc} + R_{df}}$
Media logarítmica de la diferencia de temperatura	$MLDT = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$
Calor transferido	$Q_f = W_f * C_p * \Delta T_f$
Área de transferencia de calor	$A_{TC} = \frac{Q}{U * Ft * MLDT}$
Cantidad de placas requeridas	$N_{placas} = \frac{A_{TC}}{A_{placa}}$
Factor de fricción	$f = \frac{2.5}{Re^{0.3}}$

Nomenclatura: Longitud de la placa (L), ancho de la placa (W₁), distancia entre las placas (b), calor específico (Cp), viscosidad (μ), conductividad (k), coeficiente de obstrucción (Rd) y variación de temperatura (Δt).

2.6 Análisis económico para la instalación de un pasteurizador.

Luego de haber realizados los cálculos para el dimensionamiento del nuevo pasteurizador se debe realizar el análisis económico de esta nueva inversión. En la tabla 2.3 se muestra la metodología propuesta por Peters Timmerhauss (1981) para determinar el capital de inversión mediante el costo de adquisición del equipo.

Tabla 2.3. Factores dinámicos para determinar el capital de inversión.

Componentes/Plantas Químicas de :	Fluidos
Adquisición de equipos	100 %
Costos directos	
• Instalación de equipos	47%
• Instrumentación y control	18%
• Tuberías	66%
• Instalación eléctrica	11%
• Edificios	18%
• Preparación de terrenos	10%
• Requerimientos del proceso	70%
• Terrenos	6%
Costos indirectos	
• Ingeniería y supervisión	33%
• Gastos constructivos	41%
Costos directos e indirectos totales	
• Honorarios de Constructores	21%
• Imprevistos	42%

Indicadores dinámicos de rentabilidad:

- **Valor Actual Neto (VAN):** es una medida financiera utilizada en el ámbito de la evaluación de proyectos de inversión. Se calcula restando los flujos de efectivo futuros descontados por una tasa de interés apropiada, del costo inicial de la

inversión. En otras palabras, es un indicador que permite determinar si un proyecto de inversión es rentable o no.

A continuación se muestra la ecuación para determinar este indicador.

$$VAN = \left[\sum_{k=1}^n \frac{Vt}{(1+i)^k} \right] - I_0$$

Donde:

Vt : es el flujo de caja en el período considerado.

I_0 : es el valor de la inversión inicial.

n : es el número de períodos.

i : es la tasa de descuento.

- Tasa Interna de Retorno (TIR): se define como la tasa de interés a la cual el VAN de los flujos de efectivo de una inversión es igual a cero. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada la inversión se considera rentable. Para calcularla se utiliza la siguiente ecuación.

$$VAN = \left[\sum_{k=1}^n \frac{Vt}{(1+TIR)^k} \right] - I_0 = 0$$

TIR : es la tasa interna de retorno

- Período de Recuperación al Descontado (PRD): este método consiste en determinar el tiempo necesario para que los flujos de efectivos generados por el proyecto igualen el valor actual neto (VAN). Para determinarlo se utiliza la siguiente ecuación.

$$PRD = A_{ant.} + \frac{(I_0 - VtA_{ant.})}{VtA_{recup}}$$

Donde:

$A_{ant.}$: es el año anterior inmediato al que se recupera la inversión.

$VtA_{ant.}$: es el flujo de efectivo en el año exacto en el que se determina la inversión.

2.7 Selección del espesor del económico

Si una tubería descubierta conduce calor a cierta temperatura habrá pérdidas de calor al medio ambiente, cuyo valor puede determinarse según el costo de producir el calor en los generadores de vapor.

A menor pérdida de calor, mayor grueso de aislante hasta cierto punto en que estos se incrementan; por tanto, habrá mayor costo inicial y mayores cargos fijos anuales (mantenimiento y depreciación).

Para la selección del espesor económico de aislante se procede como sigue:

$$1. CT = Cf + Co.$$

Siendo,

- C_T : costo total, \$/año
- C_f : cargos fijos, \$/año
- C_o : costos de operación, \$/año

$$2. Cf = 1.2 * M * A * L ; \$/año$$

Siendo,

- M : costo del aislante, $\$/m^3$
- A : área anular del aislante, m^2
- L : longitud real de aislamiento, m

3. Y los costos de operación se determinan por:

$$Co = 86,48 * \frac{Q * L * Dz * Pc}{\lambda v * IG}; \$/año$$

Siendo,

- 86.4: constante para garantizar resultados en \$/año
- Q : calor perdido, w/m
- L : longitud aislada, m
- Dz : días de trabajo, /año
- Pc : precio del combustible, $\$/kg$
- λv : calor latente del vapor, kJ/kg
- IG : Índice de generación, khv/kgc

El CT se determina para diferentes espesores del material aislante seleccionado y se adopta el espesor correspondiente al CT mínimo.

2.8 Pérdidas de calor en tuberías aisladas

Se podría pensar que mientras mayor sea el espesor de aislante aplicado menores serán las pérdidas de calor, pero no, en cilindros huecos (hay área de TC variable) de acuerdo con Fourier:

- $Q = k * A * \frac{\Delta t}{\Delta x}; W$
- $Q = k * Aml * \frac{dt}{dr}; W$

A medida que Δr aumenta, aumenta la resistencia a la transferencia de calor y el área exterior de transferencia de calor. Por tanto, a partir de cierto valor de Δr las pérdidas pueden aumentar por efecto del área de transferencia de calor de mayor preponderancia que el efecto de la resistencia.

Para el aislante:

- $Rb = \frac{1}{2*\pi*Kb} * \ln \frac{r}{r1}$

Para el aire:

- $Ra = \frac{1}{ha*2*\pi*r}$

Siendo Rb y Ra las resistencias que ofrecen el material aislante y el aire, respectivamente.

La resistencia será un mínimo y las pérdidas de calor máximas cuando la derivada de la suma de la resistencia R con respecto al radio r se hace igual a cero:

$$\frac{dR}{dr} = 0$$

$$\frac{1}{2*\pi*kb} * d \ln \frac{r}{r1} + \frac{1}{ha*2*\pi} * d \frac{1}{r} = \frac{1}{2*\pi*kb*r} - \frac{1}{ha*2*\pi*r^2}$$

Y a la máxima pérdida de calor $rc = r1$, el radio crítico, es decir:

$$rc = \frac{kb}{ha} = r1$$

Por tanto, cuando $r_c = r_1$ ocurrirán pérdidas máximas de calor por lo que debe trabajarse por mantener la siguiente igualdad:

$$r_c < r_1$$

Siendo r_1 el radio exterior de la tubería.

La idea consiste en que mediante el cálculo del radio crítico se puede conocer si el aislante aplicado es el adecuado y en caso contrario, seleccionarlo.

2.9. Conclusiones parciales

1. En el balance energético se utilizan las ecuaciones y métodos descritos en la literatura para este tipo de procesos.
2. El dimensionamiento del pasteurizador se realizará por la metodología propuesta y esta se debe aplicar a cada sección del mismo.
3. Para analizar la viabilidad de la propuesta de inversión del nuevo pasteurizador se utilizarán los indicadores dinámicos de rentabilidad.
4. Utilizando el método óptimo para el cálculo de los espesores de los aislantes es posible minimizar las pérdidas de calor y aumentar la eficiencia energética.

Capítulo 3: Resultados y discusión

3.1 Balance energético

1. Pasteurización de la leche

- a) Balance de energía en el pasteurizador de leche Alfa Laval en la sección de calentamiento

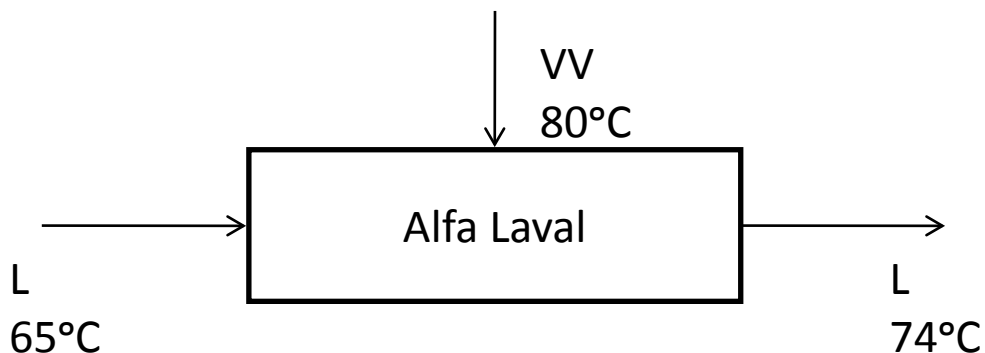


Figura 3.1. Balance de energía en la sección de calentamiento en el pasteurizador Alfa Laval.

Datos:

- Calor específico de la leche: $C_p = 3,87 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor al vacío: $\lambda = 2309 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de leche cruda: 9600 L (esta es la capacidad que tiene el pasteurizador)
- Densidad de la leche: $\rho = 1.0295 \text{ kg/L}$

Base de cálculo: 1 h

Tabla 3.1. Resultados obtenidos en el pasteurizador Alfa Laval

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$L = 9883,2$	2.1
$V_V = 149,08$	2.2

- b) Balance de energía en el pasteurizador de leche Sordi en la sección de calentamiento

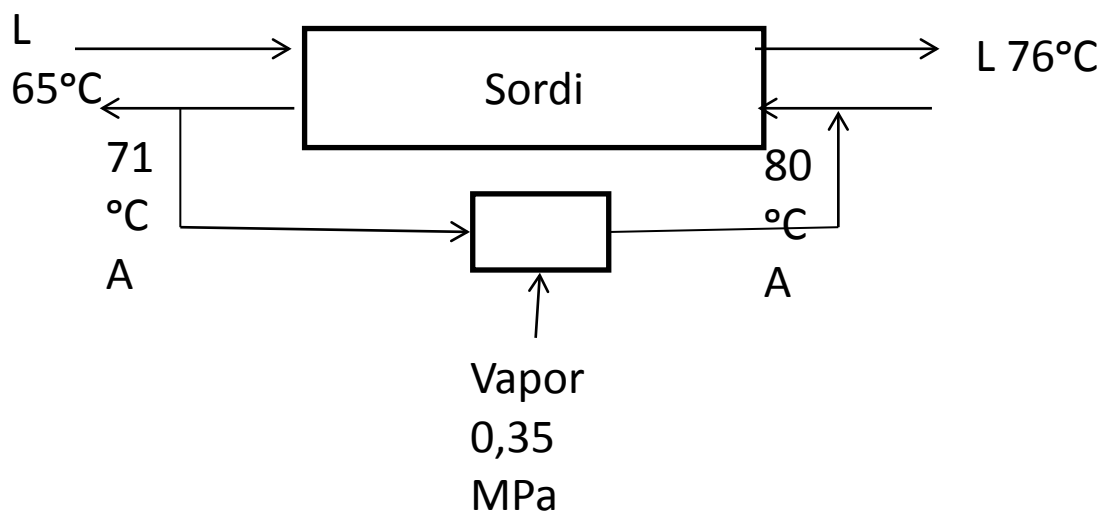


Figura 3.2. Balance de energía en la sección de calentamiento en el pasteurizador Sordi

Datos:

- Calor específico de la leche: $C_p = 3,87 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
- Calor específico del agua: $C_p = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ (Pavlov.K,1981)
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de leche cruda: 10000 L (esta es la capacidad que tiene el pasteurizador)
- Densidad de la leche: $\rho = 1.0295 \text{ kg/L}$

Base de cálculo: 1 h

Tabla 3.2. Resultados del balance energético en el pasteurizador de leche Sordi.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$L = 10295$	2.1
$A = 9535,04$	2.3
$V = 167,22$	2.4

2. Fabricación de Queso Crema.

a) Pasteurizador de Queso Crema en la sección de calentamiento.

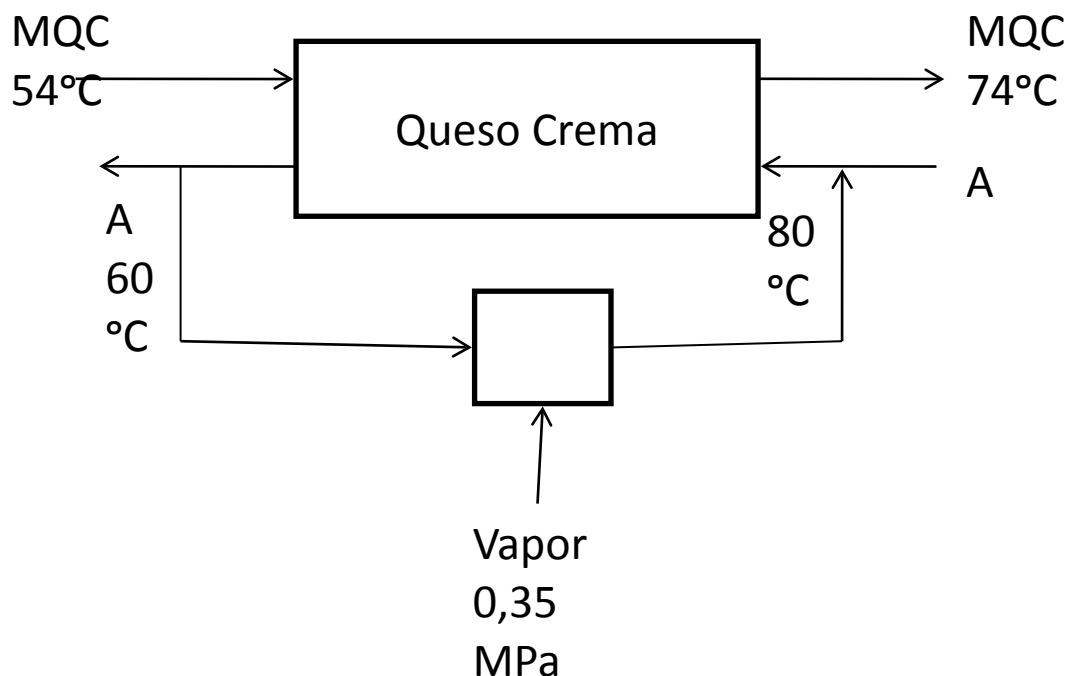


Figura 3.3. Balance de energía en el pasteurizador de queso crema (sección de calentamiento).

Datos:

- Calor específico de la mezcla para queso crema: $C_p = 3.759 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C}$
- Calor específico del agua: $C_p = 4.186 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C}$ (Pavlov.K,1981)
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de mezcla para queso crema: 5000 L (esta es la capacidad que tiene el pasteurizador)
- Densidad de la mezcla para queso crema: $\rho = 1.0223 \text{ kg/L}$

Tabla 3.3. Resultados obtenidos en el balance energético en el pasteurizador de queso crema.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
MQC= 5110	2.1
A= 4588,74	2.5
V= 178,84	2.4

b) Liquidificador de grasa vegetal.

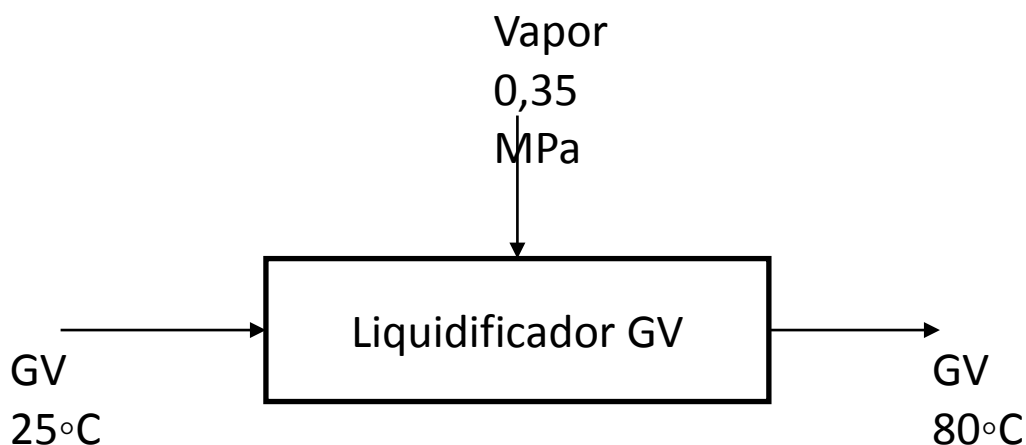


Figura 3.4. Balance de energía en el liquidificador de grasa vegetal

Datos:

- Calor específico de la grasa vegetal: $C_p = 2,018 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de la mezcla de la grasa vegetal: 480,85 kg/h

Tabla 3.4 Resultados obtenidos en el balance energético del liquidificador.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$V = 24,84$	2.6

c) Intercambiador de tubo y conchas.

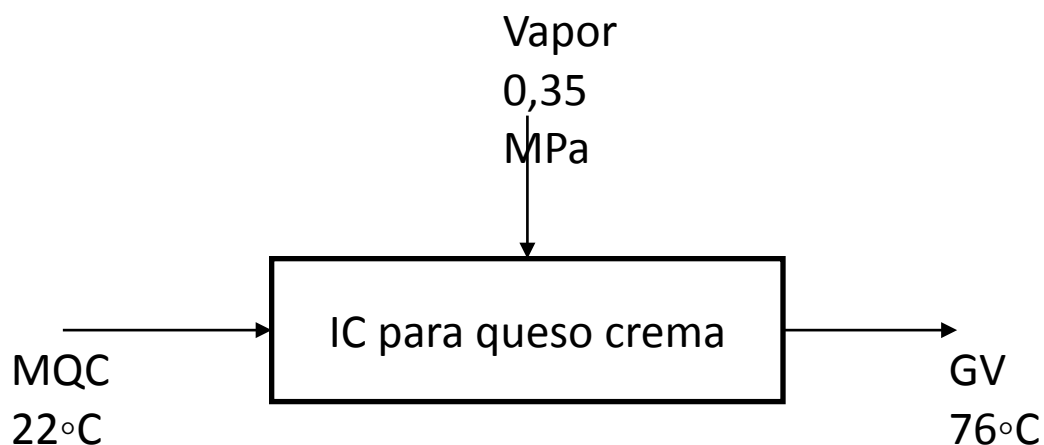


Figura 3.5. Balance de energía en el intercambiador de tubo y concha

Datos:

- Calor específico de la mezcla para queso crema: $C_p = 3,774 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de la mezcla de queso crema: 1718 kg/h

Tabla 3.5 Resultados del balance energético en el intercambiador de calor para queso crema.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$V = 162,99$	2.7

3. Fabricación de yogurt de leche

a) Pasteurizador de yogurt de leche.

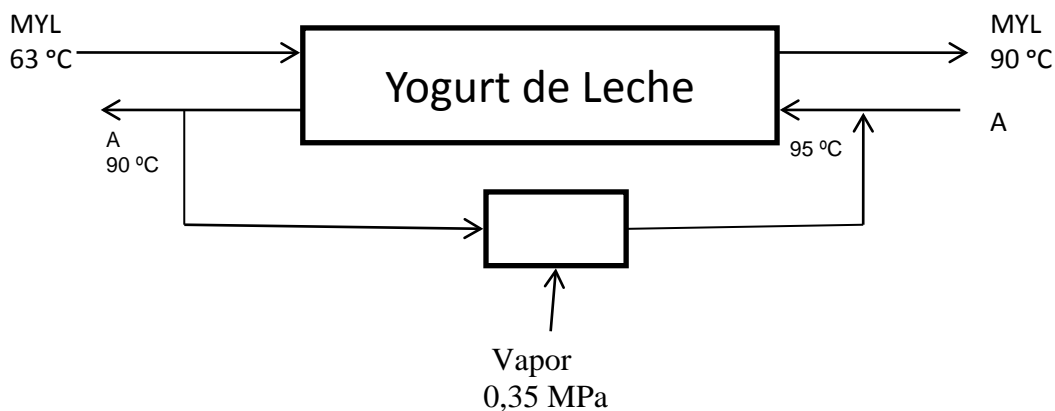


Figura 3.6. Balance energético en el pasteurizador de yogurt de leche

Datos:

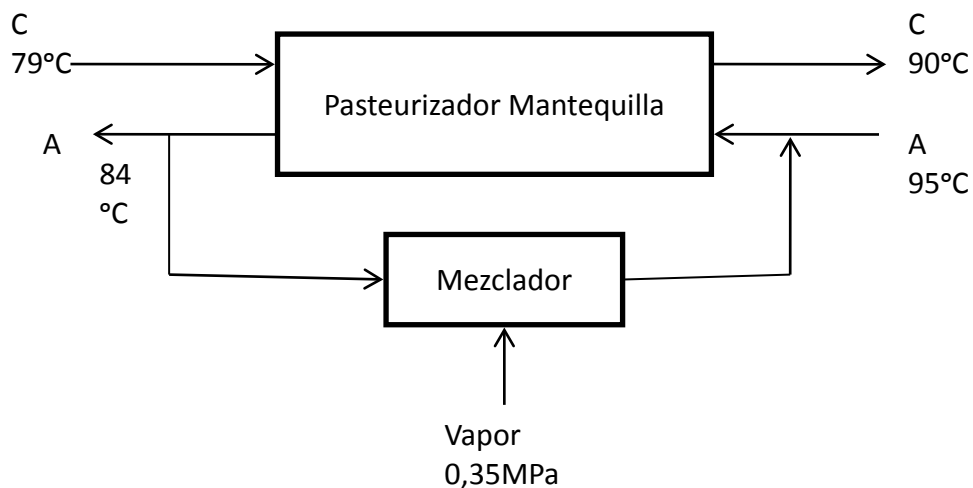
- Calor específico de la mezcla para yogurt de leche: $C_p = 3.772 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor específico del agua: $C_p = 4.186 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C}$ (Pavlov.K,1981)
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de yogurt de leche: 5360 kg/h.

Tabla 3.6. Resultados de los balances energéticos en el pasteurizador de yogurt de leche.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
MYL= 5360	2.1
V= 822,64	2.4

4. Fabricación de mantequilla

a) Pasteurizador de crema.

**Figura 3.7.** Balance de energía en el pasteurizador de mantequilla

Datos:

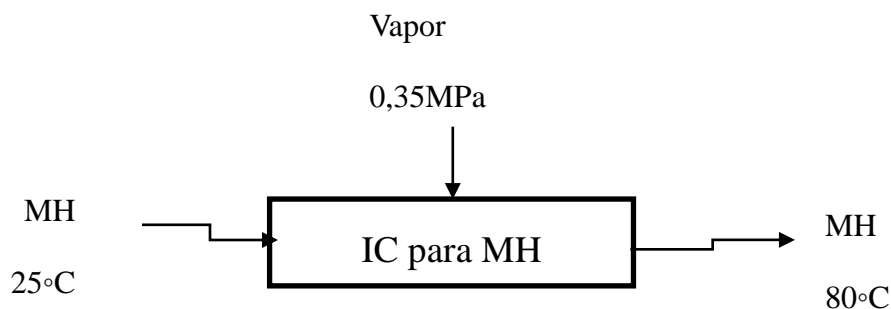
- Calor específico de la crema $C_p = 1,65 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C}$
- Calor específico del agua: $C_p = 4.186 \text{ kJ / kg}^\circ\text{C}$ (Pavlov.K,1981)
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de crema: 1000 L (esta es la capacidad que tiene el pasteurizador)
- Densidad de la mezcla para queso crema: $\rho = 0,9908 \text{ kg/L}$

Tabla 3.7. Resultados obtenidos en el balance energético del pasteurizador de mantequilla

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
C= 990,8	2.1
A= 390,54	2.9
V= 8,37	2.4

5. Fabricación de helado.

a) Intercambiador de calor a placas de mezcla para helado.

**Figura 3.8.** Balance energético en el intercambiador de calor en la producción de helado.

Datos:

- Calor específico de la mezcla para helado: $C_p = 3,512 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de la mezcla de helado: 6552 kg/h
- Densidad del helado: $\rho = 1,092 \text{ kg/L}$.

Tabla 3.8. Resultados en el balance energético en el pasteurizador de helado.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
V= 589,16	2.10

6. Área de cultivo

a) Intercambiador a placas de mezcla para cultivo.

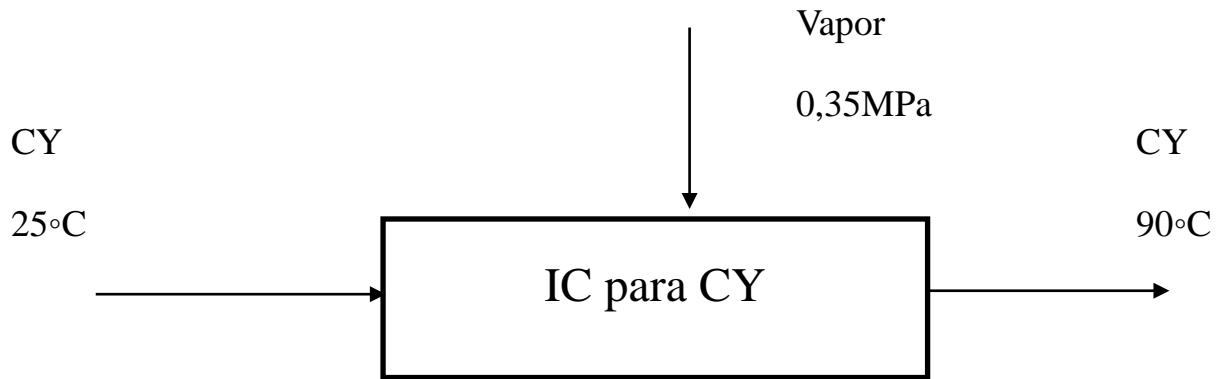


Figura 3.9. Balance de energía en el intercambiador a placas para el cultivo de yogurt

Datos:

- Calor específico del cultivo de yogurt: $C_p = 3,575 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo del cultivo de yogurt: 5193 kg/h
- Densidad del cultivo de yogurt $\rho = 1,0386 \text{ kg/L}$.

Tabla 3.9. Resultados obtenidos en el balance energético en el intercambiador de calor para el cultivo de yogurt

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
V= 561,76	2.11

b) Cultivadores de queso crema

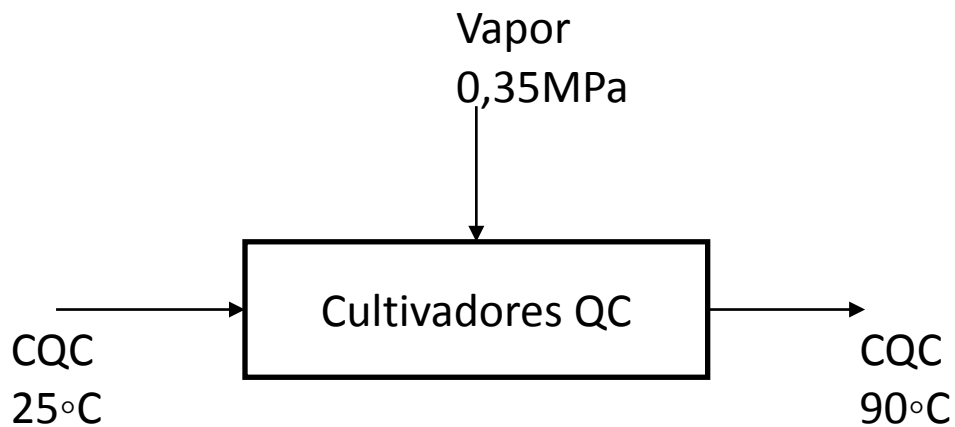


Figura 3.10. Balance energético en el cultivador de queso crema

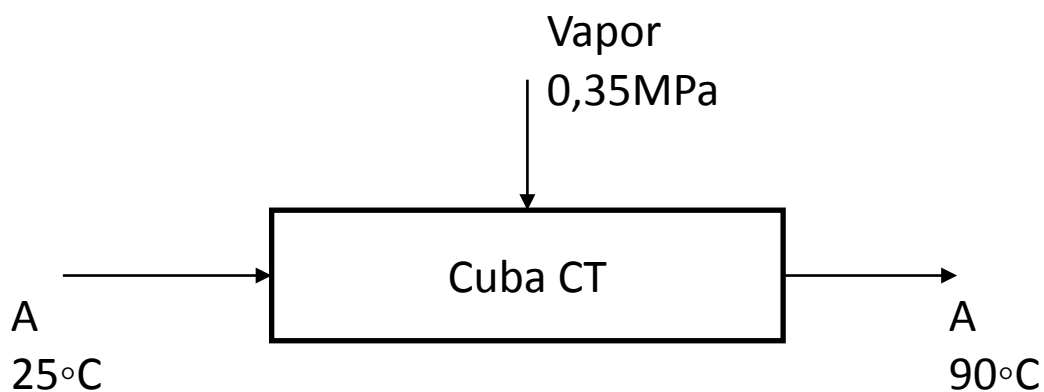
Datos:

- Calor específico del cultivo de queso crema: $C_p = 3,774 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo del cultivo de queso crema: 458 kg/h
- Densidad del cultivo de queso crema $\rho = 1,0386 \text{ kg/L}$

Tabla 3.10. Resultados obtenidos en el balance energético en el cultivador de queso crema

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
V= 52,30	2.12

c) Cuba para cultivo técnico.

**Figura 3.11.** Balance energético en la cuba de cultivo técnico

Datos:

- Calor específico del cultivo del agua: $C_p = 4,186 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$ (Pavlov.K,1981)
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de agua: 847 kg/h

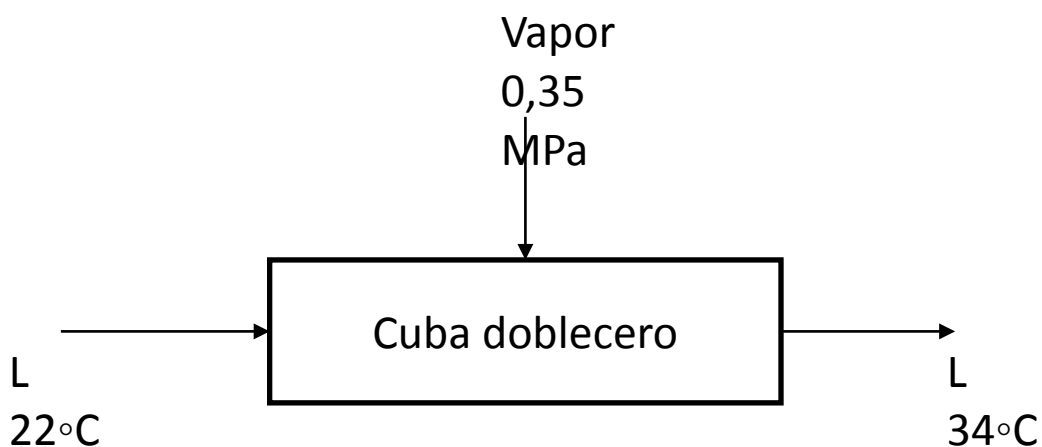
Tabla 3.11. Resultados obtenidos en el balance energético en la cuba de cultivo técnico

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
-----------------------------	-----------------------

V= 107,28	2.13
-----------	------

7. Fabricación de Queso Blanco.

a) Cuba doblecero.

**Figura 3.12.** Balance energético en la cuba para queso blanco

Datos:

- Calor específico de la leche: $C_p = 3,87 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$ ()
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de leche= 10000 L (que corresponde con la capacidad de la cuba)
- Densidad de la leche: $\rho = 1,0295 \text{ kg/L}$.

Tabla 3.12 Resultados obtenidos en el balance energético en la cuba doblecero en la producción de queso blanco

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
L= 10295	2.1
V= 222,56	2.14

8. Fabricación de Masa para Fundir.

a) Cuba de masa para fundir.

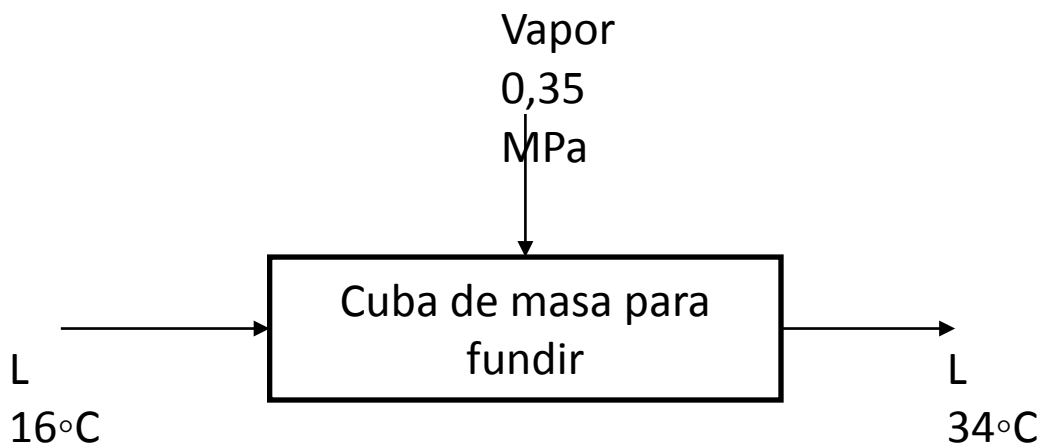


Figura 3.13. Balance energético en la cuba de masa para fundir

Datos:

- Calor específico de la leche: $C_p = 3,87 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Volumen de leche= 5000 L en 45 min (que corresponde con la capacidad de la cuba)
- Densidad de la leche: $\rho = 1,0295 \text{ kg/L}$.

Tabla 3.13. Resultados obtenidos en el balance energético en la cuba de masa para fundir

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
L= 6863	
V= 222,55	2.15

b) Tacho

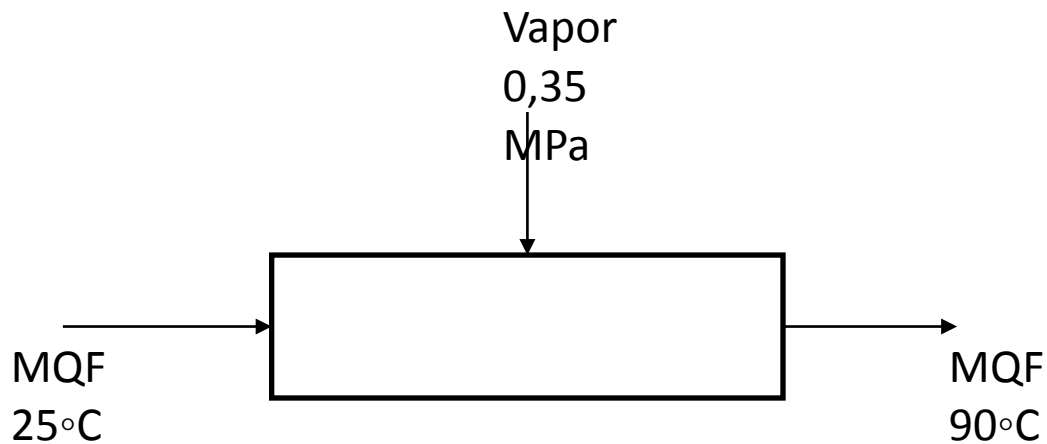


Figura 3.14. Balance energético en el tachero

Datos:

- Calor específico de la mezcla para queso fundido: $C_p = 3,51 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ()
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de mezcla para fundir: $MQF = 300 \text{ kg/h}$.

Tabla 3.14. Resultados obtenidos en el balance energético en el tachero

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
V= 31,83	2.16

9. Fabricación de yogurt de soya.

a) Calefactor de leche de soya.

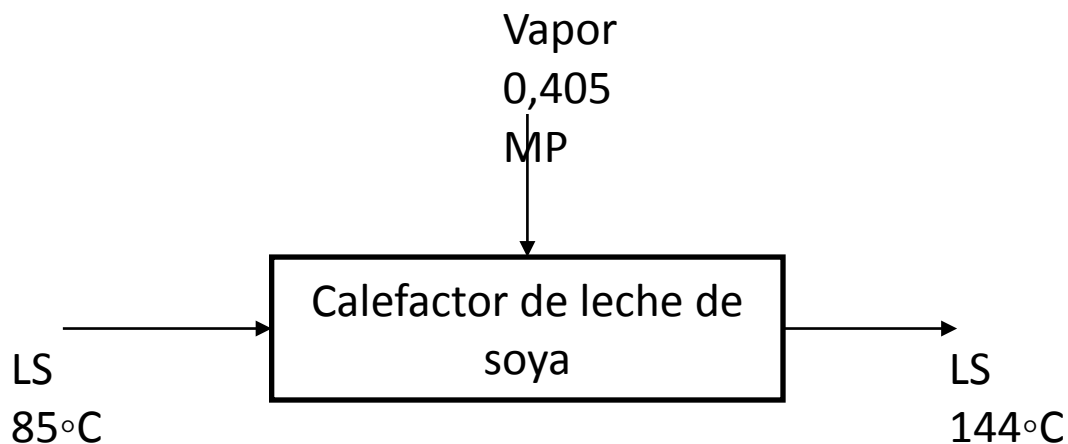


Figura 3.15. Balance energético en el calefactor de leche de soya

Datos:

- Calor específico de la leche de soya: $C_p = 3,69 \text{ kJ /kg}^\circ\text{C}$ ()
- Calor latente del vapor a 0,405 MPa: $\lambda = 2132,7 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de la leche de soya: $LS = 5100 \text{ kg/h}$.

Tabla 3.15. Resultados obtenidos en el balance energético en el calefactor de soya

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$V = 520,61$	2.17

b) Calefactor de agua.

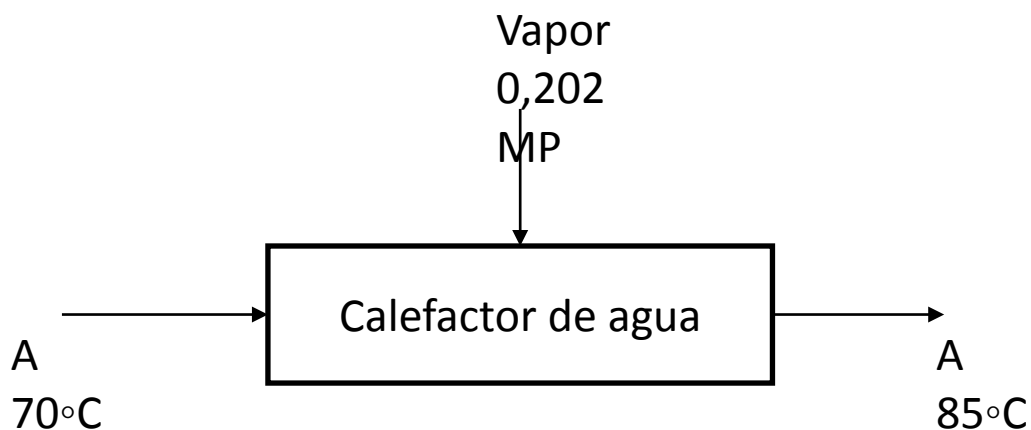


Figura 3.16. Balance energético en el calefactor de agua.

Datos:

- Calor específico del agua: $C_p = 4,186 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$
- Calor latente del vapor a 0,202 MPa: $\lambda = 2200,3 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de agua: $LS = 7500 \text{ kg/h}$.

Tabla 3.16. Resultados obtenidos en el balance energético en el calefactor de agua

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$V = 142,68$	2.4

c) Tanque de preparación del sirope (solución azucarada).

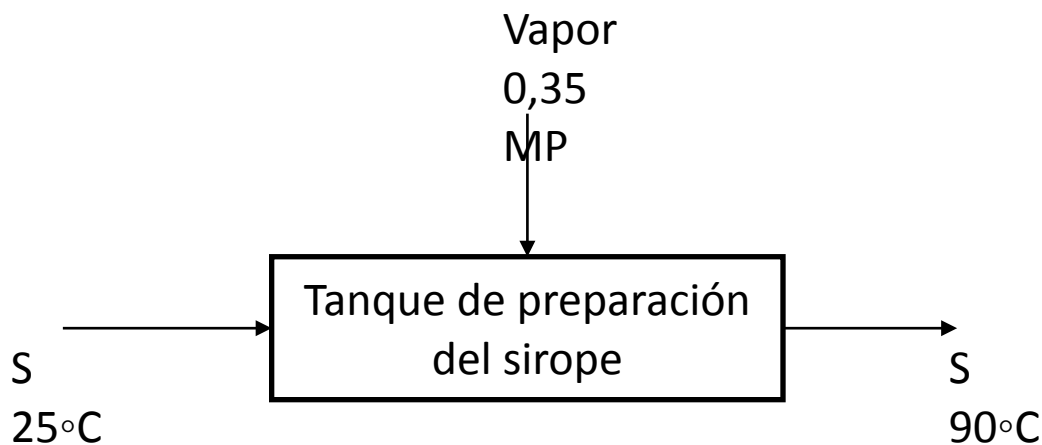


Figura 3.17. Balance de energía en el tanque de preparación de la solución azucarada.

Datos:

- Calor específico del sirope: $C_p = 3,39 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ ()
- Calor latente del vapor a 0,35 MPa: $\lambda = 2148,1 \text{ kJ/kg}$ (Tabla Keenan)
- Flujo de sirope: $S = 10488 \text{ kg/h}$.

Tabla 3.17. Resultados obtenidos en el balance energético en el cultivador de queso crema.

Resultados obtenidos (kg/h)	Ecuaciones utilizadas
$V = 1075,84$	2.18

10. Área de limpieza (CIP)

→ Se asume que el consumo de vapor en dicha área representa el 5% de lo que genera la caldera (6t). Es decir, se consumen 300 kg/h de vapor.

Consumo Total de vapor= 5340,66 kg/h.

En la tabla 3.18 se muestran los resultados de los consumos de vapor por área.

Tabla 3.18. Consumo de vapor área

Área	Consumo (kg/h)	% Vapor
Leche Pasteurizada	316,31	5,92
Yogurt de leche	822,64	15,41
Queso crema	366,67	6,86
Mantequilla	8,37	0,16
Helado	589,16	11,03
Cultivo	721,34	13,51
Queso blanco	222,56	4,17
Queso fundido	254,38	4,76
Yogurt de soya	1739,13	32,56
Limpieza	300	5,63

En la siguiente figura se ilustra este comportamiento.

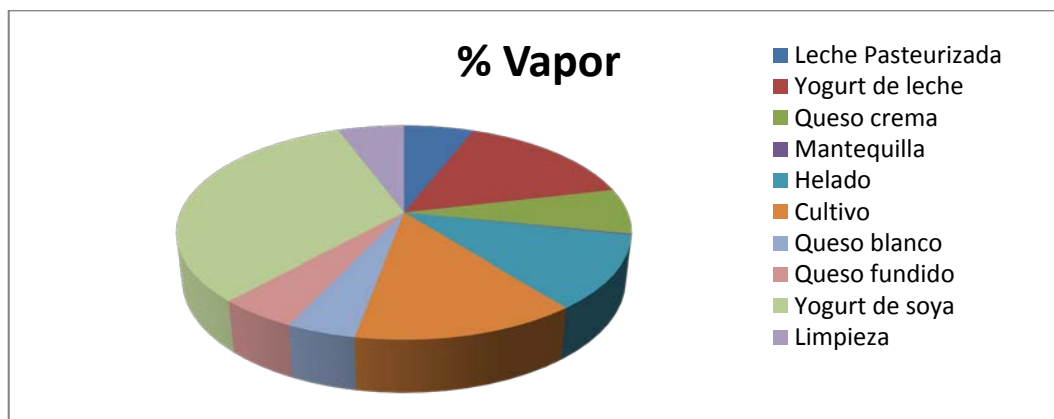


Figura 3.18. Distribución de porcentaje de vapor por área.

Como se aprecia en la tabla 3.18 y en la figura 3.18 existe el vapor requerido por los diferentes procesos industriales, el mayor consumidor, actualmente, en la planta de productos lácteos es la producción de yogurt de soya, con un 32,56 % del vapor generado total en los sectores de producción y limpieza, le sigue en cantidad de vapor consumido el yogurt de leche, el cultivo y la producción de helados por ese orden. Los menores consumos de vapor están en los procesos de mantequilla y queso blanco respectivamente.

3.2 Propuestas para mejorar la eficiencia en la industria

3.2.1 Instalación de un nuevo pasteurizador

Se realizó el cálculo preliminar de un nuevo equipo pasteurizador para hacer frente a posibles incrementos de la producción. El nuevo equipo dimensionado es de características similares a las instaladas (flujo, temperatura).

Este nuevo equipo se ha dimensionado según la metodología que se presenta en la tabla 2.2, los datos básicos para el dimensionamiento del equipo se muestran en la tabla 3.19.

De acuerdo a los flujos involucrados y las características reológicas del material el pasteurizador tiene placas de 1,00 m de longitud (L); 0,350m de ancho (W_1); 0,005 m de distancia entre ellas (b) y $45(W/m^2)/(^{\circ}C/m)$ de conductividad de la placa .

Tabla 3.19. Datos básicos para el dimensionamiento del equipo pasteurizador

Sección Regenerativa		
Parámetros	FC(Leche pasteurizada)	FF (Leche cruda)
Flujo másico (Ws)	2,85 kg/s	2,85 kg/s
Calor específico (Cp)	3,87 kJ/kg°C	3,87 kJ/kg°C
Temperatura inicial	76 °C	5 °C
Temperatura final	14,5 °C	65 °C
Conductividad (k)	0,576 W/m ² °C	0,576 W/m ² °C
Viscosidad (μ)	4,5*10 ⁻⁴ kg/ms	4,5*10 ⁻⁴ kg/ms
Factor de obstrucción (Rd)	0,000756 m ² °C/W	0,000756 m ² °C/W
Densidad (ρ)	10295 kg/m ³	10295 kg/m ³
Ft= 0,9		
Sección de Calentamiento		
	FC (Agua Caliente)	FF (Leche)
Ws	2,64 kg/s	2,85 kg/s
Cp	4,19 kJ/kg°C	3,87 kJ/kg°C
Temperatura inicial	95 °C	65C
Temperatura final	71 °C	76 °C
k	0,697 W/m ² °C	0,576 W/m ² °C
μ	3,8*10 ⁻⁴ kg/ms	4,5*10 ⁻⁴ kg/ms
Rd	0,00056 m ² °C/W	0,000756 m ² °C/W

ρ	972 kg/m ³	10295 kg/m ³
Sección de Enfriamiento		
	FC (Leche pasteurizada)	FF (Agua helada)
Ws	2,85 kg/s	2,74 kg/s
Cp	3,87 kJ/kg°C	4,19 kJ/kg°C
Temperatura inicial	14,5 °C	1,5 °C
Temperatura final	5 °C	8 °C
k	0,576 W/m ² °C	0,697 W/m ² °C
μ	4,5*10 ⁻⁴ kg/ms	3,8*10 ⁻⁴ kg/ms
Rd	0,000756 m ² °C/W	0,00056 m ² °C/W
ρ	10295 kg/m ³	972 kg/m ³

Tabla 3.20. Resultados obtenidos del dimensionamiento en la sección regenerativa.

Variables calculadas	Resultados
De (m)	0,0099
Af (m ²)	0,0018
A _{placa} (m ²)	0,35
G (kg/sm ²)	1583,3
Re	34832,6
Pr	3,02

h (W/m ² °C)	20490,06
U (W/m ² °C)	616,9
MLDT (°C)	11,53
Qf (W)	661770
A _{TC} (m ²)	51,59
N _{placas}	104
f	0,108

Tabla 3.21. Resultados obtenidos del dimensionamiento en la sección de calentamiento.

Variables calculadas	Resultados	
	FC	FF
De (m)	0,0099	
Af (m ²)	0,0018	
A _{placa} (m ²)	0,35	
G (kg/sm ²)	1466,6	1583,3
Re	38208,78	34832,6
Pr	2,28	3,02
h (W/m ² °C)	23612,44	20490,06
U (W/m ² °C)	704,72	
MLDT (°C)	16,53	
Qf (W)	121324,5	

A_{TC} (m ²)	11,57	
N_{placas}	34	
f	0,105	0,108

Tabla 3.22. Resultados obtenidos del dimensionamiento en la sección de enfriamiento

Variables calculadas	Resultados	
	FC	FF
De (m)	0,0099	
Af (m ²)	0,0018	
A_{placa} (m ²)	0,35	
G (kg/sm ²)	1583,3	1522,2
Re	34832,6	39657,3
Pr	3,02	2,27
h (W/m ² °C)	20490,06	24016,38
U (W/m ² °C)	705,21	
MLDT (°C)	4,21	
Qf (W)	74445,8	
A_{TC} (m ²)	27,86	
N_{placas}	88	
f	0,108	0,104

3.2.1.1 Análisis económico de la instalación de un nuevo pasteurizador

El análisis económico para la propuesta de inversión de un pasteurizador aparece en la tabla 2.3. En esta tabla se muestra el costo del equipamiento requerido, los costos directos (CD), costos indirectos (CI), total de capital invertido, capital de trabajo, costo total anual de materia prima, así como los indicadores dinámicos de rentabilidad, TIR y período de recuperación de la inversión.

Tabla 3.23. Resumen de los costos y capital invertido

Variables	Costo (USD)
Costo del equipo	12 500
Costos directos	25 500
Costos indirectos	8 375
Capital fijo invertido	33 875
Capital de trabajo	39 500

Tabla 3.24. Resultados de los valores dinámicos de factibilidad

Valor actual neto VAN	\$182,753.28 \$
Tasa Interna de Rend. TIR	72%

En la figura 3.19 se muestra el gráfico del período de recuperación de la inversión. Se aprecia que el costo de inversión se recupera en aproximadamente 2 años. Esta inversión resulta atractiva, pues además de ser recuperada en corto período de tiempo le permite a la fábrica la posibilidad de aumentar sus niveles productivos.

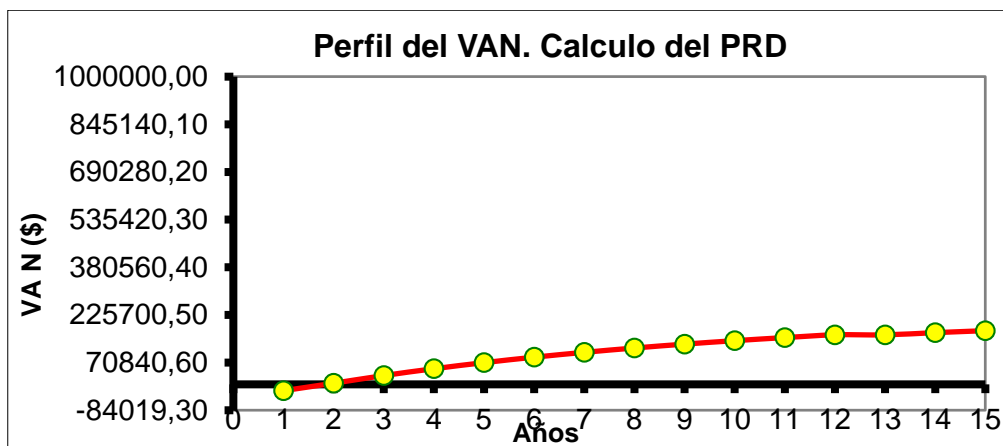


Figura 3.19. Gráfica del cálculo del PRD.

3.2.2 Redimensionar espesores de aislante

Se calculó el aislante óptimo económico de la tubería de vapor a la salida de la caldera que se dirige a las distintas secciones de la fábrica. Esta tubería tiene como características los datos que se presentan en la tabla 3.25.

Tabla 3.25. Características de la tubería de vapor que sale desde la caldera

Características	Tubería de la caldera
Largo (m)	25
Diámetro (m)	0,305
Tipo de aislante	Lana de vidrio
Espesor del aislante (m)	0,07
Conductividad del aislante ($W/m^2\text{°C}$)	0,04

Aplicando la metodología para determinar el espesor óptimo se aprecia que el espesor actualmente utilizado es inferior al recomendado, por lo que se propone colocar más aislante a la tubería hasta un espesor de aproximadamente 0,10 m; con vistas a minimizar las pérdidas del sistema, tal como se observa en la figura 3.20.

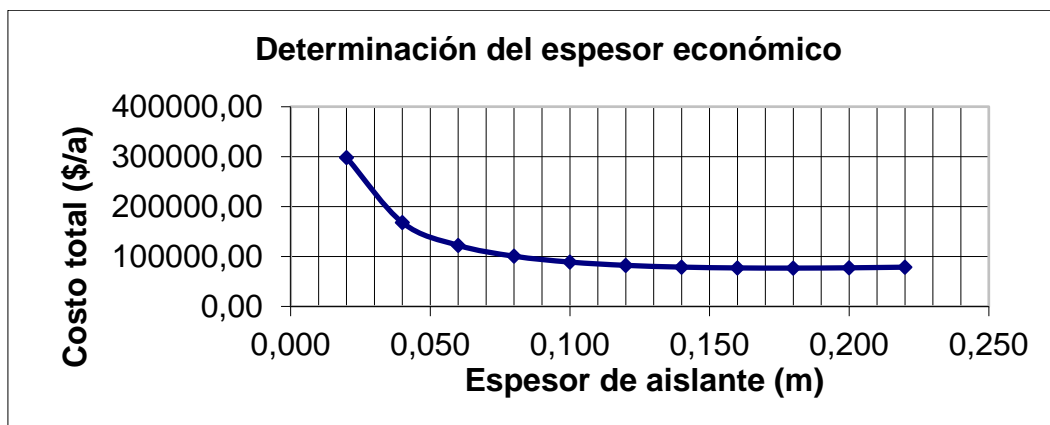


Figura 3.20. Espesor óptimo económico del aislante

3.3 Conclusiones parciales

1. El consumo total de vapor de todos los sectores de la fábrica es de 5340,66 kg/h, valor inferior a los 6000 kg/h que genera la caldera, por lo que se pueden realizar todas las producciones simultáneamente.
2. El proceso más consumidor es el de la producción de yogurt de soya.
3. El pasteurizador que se ha dimensionado tiene en la sección de regeneración 104 placas, en la sección de calentamiento 34 y en la de enfriamiento 88.
4. El costo de adquisición del pasteurizador, que se ha dimensionado para las condiciones de la fábrica, es aproximadamente 12 500 USD y se necesita un capital fijo de inversión de 33 875 USD.
5. El periodo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 2 años.
6. Se debe aumentar el espesor del aislante de la tubería que sale de la caldera hasta 0,10 m para minimizar las pérdidas de calor.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. El sistema de generación de vapor de la Planta de Productos Lácteos de Sancti Spíritus está acorde a las necesidades del proceso tecnológico. Se requiere una masa de vapor de 5 340,66 kg/h; por lo que la caldera es capaz de abastecer el proceso y las necesidades de limpieza de equipos y áreas de la planta.
2. Es posible realizar las diferentes producciones de manera simultánea, lo que representa ahorros significativos desde el punto de vista material y energético.
3. La instalación de un nuevo equipo pasteurizador permitirá hacer frente a posibles aumentos en los niveles de producción, lo que aumentaría la eficiencia de la planta.
4. La inversión propuesta del nuevo pasteurizador puede ser recuperada en aproximadamente dos años, por lo que resulta atractiva desde el punto de vista económico.
5. El espesor del aislante de la tubería de vapor a la salida de la caldera es inferior al valor óptimo económico recomendado. Este valor debe aumentarse hasta 0.10 m.

Recomendaciones

1. Presentar este trabajo a la dirección técnica de la Empresa de Productos Lácteos de Sancti Spíritus.
2. Algunas tuberías de vapor de la fábrica tienen roturas, lo que provoca pérdidas, por lo que se recomienda realizar reparaciones a dichas tuberías para evitar escapes.
3. Incluir en las actividades de capacitación de los trabajadores lo referente a eficiencia energética y su mejora continua.

Referencias bibliográficas

1. Altuve, J. (2004). El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión. V,7. p, 7-17.

<https://www.redalyc.org/pdf/257/25700902.pdf>

2. Aristizábal, C., et al., (2014). Análisis de pérdidas energéticas y económicas por transporte de vapor en tuberías sin un adecuado aislamiento térmico.

<https://geox.udistrital.edu.co/index.php/REDES/article/view/6358>

3. Castellanos, R. R. (2015). Estudio y diseño tuberías de aislamiento térmico en sistemas de climatización.

<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/86020>

4. Colás, J. A. (2005). Impacto de emisiones gaseosas en calderas de tubos de fuego colectivo.

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3352899>

5. Delgado, M. S. (2013). Estabilidad del yogurt elaborado con diferentes combinaciones con leche de soja (glycine max) leche de vaca, fermento lácteo y edulcorado con stevia (stevia rebaudiana).

<https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/237>

6. De la Fe, D. A. (2022). Modelo para el cálculo de espesor óptimo de aislante en líneas de vapor.

<https://rein.umcc.cu/handle/123456789/1930>

7. Echavarría, P. C., et al., (2007). Diagnóstico tecnológico en la empresa Lácteos el Bosque LTDA para la línea de producción de yogur frente a las empresas Colanta y Parmalat.

<https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/24779>

8. Flores, R.P. (2014). Elaboración de mantequilla.

<https://repositorio.unsa.edu.pe/items/547a6b29-bd0c-4d72-b0ee-c0f61c909073>

9. Fuelpa, C. E., Vivas, L. G. (2023). Diseño de un proceso de producción de queso doble crema en la empresa “Quesos Oro Blanco”.

<https://repositorio.utp.edu.co/items/3e1974fd-e5f5-4481-85c4-43fed60bbc4d>

10. García, M. D., Vargas, G. Fabio. (2017). Aislamiento térmico de tuberías de acero que transportan fluidos calientes a partir de recubrimientos elaborados mediante proyección térmica. V, 20. p, 53-69

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-77992017000300005&script=sci_arttext

11. Gilbert, H. A., et al., (2016). Procedimiento para la selección del espesor óptimo económico de aislamiento térmico en tuberías con trazas de vapor.

<https://www.redalyc.org/journal/2235/223545820009/html/>

12. Gutiérrez, C. Víctor. (2007). Análisis del proceso de producción de leche pasteurizada, para el mejoramiento de la capacidad productiva en la planta del ITALAM.

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/294>

13. Hayes, G. (1987). Manual de datos para ingeniería de los alimentos.

https://www.academia.edu/8358484/Manual_de_datos_para_ingenieria_de_los_alimentos_g_d_hayes

14. Huamán, M. R. Monja, J. M. (2019). Diseño de un pasteurizador de leche utilizando corrientes de foucault para la empresa derivados lácteos barreto.

<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6432>

15. Jerez, J. (2006). La evaluación de leches pasteurizada (htst) y esterilizada (UHT) en la textura del yogurt.

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3338>

16. Liendo, M., Martínez, A. (2006). Sector lácteo. Industria del helado. Un análisis del sector.

<https://desarrollo-rehip.unr.edu.arbitstream/handle/2133/8809/martinez%20y%20liendo%20industria%20del%20helado.pdf?sequence=3>

17. Martínez, H. A. (2011). Plan de factibilidad para la creación de una microempresa familiar de lácteos enfocada en la producción y comercialización del tradicional queso amasado, ubicada en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi.

<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/4771>

18. Martínez, C. R. (2011). Guía para seleccionar intercambiadores de calor.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7318395>

19. Mejía, E. R., et al., (2020). Producción y comercialización de queso crema de leche de almendras.

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/economicascuc/article/view/2304>

20. Molero, M. M., et al., (2017). Evaluación fisicoquímica del Lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal.

<https://www.redalyc.org/journal/959/95952010003/html/>

21. Moncada, A. L. (2009). Intercambiadores de calor.

<https://es.scribd.com/doc/111184196/INTERCAMBIADORES-DE-CALOR>

22. Moncada, A. L. Moncada, T. D. (2020). Intercambiadores de calor.

<http://isbn.bnpp.gob.pe/catalogo.php?mode=detalle&nt=113563>

23. Moya, W. Obando, R. F. (2006). Diseño y construcción de un intercambiador de calor de placas.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/145>

24. Orrego, V. K. (2013). Actualización de parámetros de diseño de intercambiadores de calor.

http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-3000/UCE3008_01.pdf

25. Parra, M. D., et al., (2020). Evaluación y rediseño de plantas en la empresa de lácteos Alanba.

<https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/133>

[5](#)

26. Ramírez, P. A., Puente, V. W. (2011). Caracterización del suero de queso blanco del combinado lácteo Santiago.

<https://tecnologiaquimica.uo.edu.cu/index.php/tq/article/view/935>

27. Ratto, S.S., Solano, G. Di. (2016). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta procesadora de mantequilla de castañas (*Bertholletia excelsa*) con chocolate de cacao (*Theobroma cacao*).

<http://200.11.53.159/handle/ulima/4271>

28. Revilla, A. (1996). Tecnología de la leche.

29. Risco, R. J. (2015). Elaboración y caracterización de yogurt a partir de leche de cabra.

<https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/686>

30. Rivas, R., et al., (2000). Sistema de control automático integral de generadores de vapor pirotubulares.

https://www.researchgate.net/publication/275154428_Sistema_de_control_automatizado_integral_de_generadores_de_vapor_pirotubulares

31. Vargas, T. (2000). Calidad de la leche: Visión de la industria láctea.

http://avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/P297_CalidadLeche.pdf

32. Zelaya, V. O., Amador, R. A. (2001). Manual de Buenas Prácticas de Fabricación aplicado a la industria láctea.

Anexos

Anexo I. Cálculo de los calores específicos.

Estandarización de una mezcla para helado									
	Porcentaje	Cp	Volume	Peso	kg leche	% Gras	kg Gras	% SNG	kg SNG
Leche Fresca	0,758	3,927	****	1,03	****	3,30	41,00	8,05	100,01
LDP	0,009	3,781			15,26	1	0,15	96	14,65
Grasa vegeta	0,045	2,018			74,25	99	73,51		
Azúcar	0,18	2,26			294,8				
Sal	0,001	Despr			1,64				
Estabilizador	0,005	Despr			8,19				
Sabor	0,001	Despr			1,42				
Total		3,512	1500	1,092	****	7,00	114,66	7,00	114,66

Estandarización de una mezcla para queso crema										
	Porcentaje	Cp	Vol (L)	Peso	lectura	Grasa (kg)	% Gras	kg Gras	% SNG	kg SNG
Leche Fresco	0,8637	3,927	4700	****	29	****	3,70	****	8,13	****
LEP	0,010	3,803				53,54	26	13,92	71	38,01
Cultivo (LDP)	0,041	3,86	220	1,04		229,1	1,34	3,07	10,50	24,06
Grasa vegeta	0,086	2,018				****	99	****		
Total		3,759	****	1,02		5600	12	672	8,13	****

Anexo II. Cálculos para el espesor óptimo económico.

Tabla para el cálculo del espesor económico del aislante 1									
Datos a entrar					Datos calculados				
T ambiente (°C)	T1 supuesta (°C)	T vapor (°C)	diametro exterior (m)	espesor (m)	Kc(W/m²C)	dt con espesor (m)	ha (W/m²C)	q(W/m)	T1=T1sup23°C
27,00	45,00	157,00	30,50	0,020	0,04	30,5400	10,34	20918,33	48,08
27,00	38,00	157,00	30,50	0,040	0,04	30,5800	9,97	11352,86	38,83
27,00	34,00	157,00	30,50	0,060	0,04	30,6200	9,76	7800,45	35,29
27,00	34,00	157,00	30,50	0,080	0,04	30,6600	9,76	5949,24	33,32
27,00	32,00	157,00	30,50	0,100	0,04	30,7000	9,66	4807,33	32,15
27,00	31,00	157,00	30,50	0,120	0,04	30,7400	9,61	4034,74	31,34
27,00	34,00	157,00	30,50	0,140	0,04	30,7800	9,76	3478,85	30,68
27,00	33,00	157,00	30,50	0,160	0,04	30,8200	9,71	3056,44	30,25
27,00	32,00	157,00	30,50	0,180	0,04	30,8600	9,66	2725,87	29,91
27,00	32,00	157,00	30,50	0,200	0,04	30,9000	9,66	2460,41	29,62
27,00	31,00	157,00	30,50	0,220	0,04	30,9400	9,61	2242,10	29,40

Tabla para el cálculo del espesor económico del aislante 2									
M(\$/m²)	A(m²)	L(m)	Cf(\$/a)	Dz(m/a)	Pc(\$/kg)	λr(K/Kg)	Ig(Kqv/Kap)	Co(\$/a)	Ct(\$/a)
74,00	1,9203	25,00	4262,97	330,00	0,84	2068,21	20,60	203976,16	288239,13
74,00	3,8430	25,00	8531,53	330,00	0,84	2068,21	20,60	159547,86	168079,19
74,00	5,7883	25,00	12805,68	330,00	0,84	2068,21	20,60	109823,85	122429,53
74,00	7,7861	25,00	17085,41	330,00	0,84	2068,21	20,60	83607,70	100693,11
74,00	9,6265	25,00	21370,73	330,00	0,84	2068,21	20,60	67559,86	88930,58
74,00	11,5593	25,00	25661,63	330,00	0,84	2068,21	20,60	56702,26	82363,90
74,00	13,4947	25,00	29956,13	330,00	0,84	2068,21	20,60	48890,15	78846,28
74,00	15,4325	25,00	34260,21	330,00	0,84	2068,21	20,60	42953,66	77213,89
74,00	17,3729	25,00	38567,89	330,00	0,84	2068,21	20,60	38306,12	76876,00
74,00	19,3158	25,00	42881,13	330,00	0,84	2068,21	20,60	34577,45	77458,59
74,00	21,2613	25,00	47199,98	330,00	0,84	2068,21	20,60	31509,42	78709,39