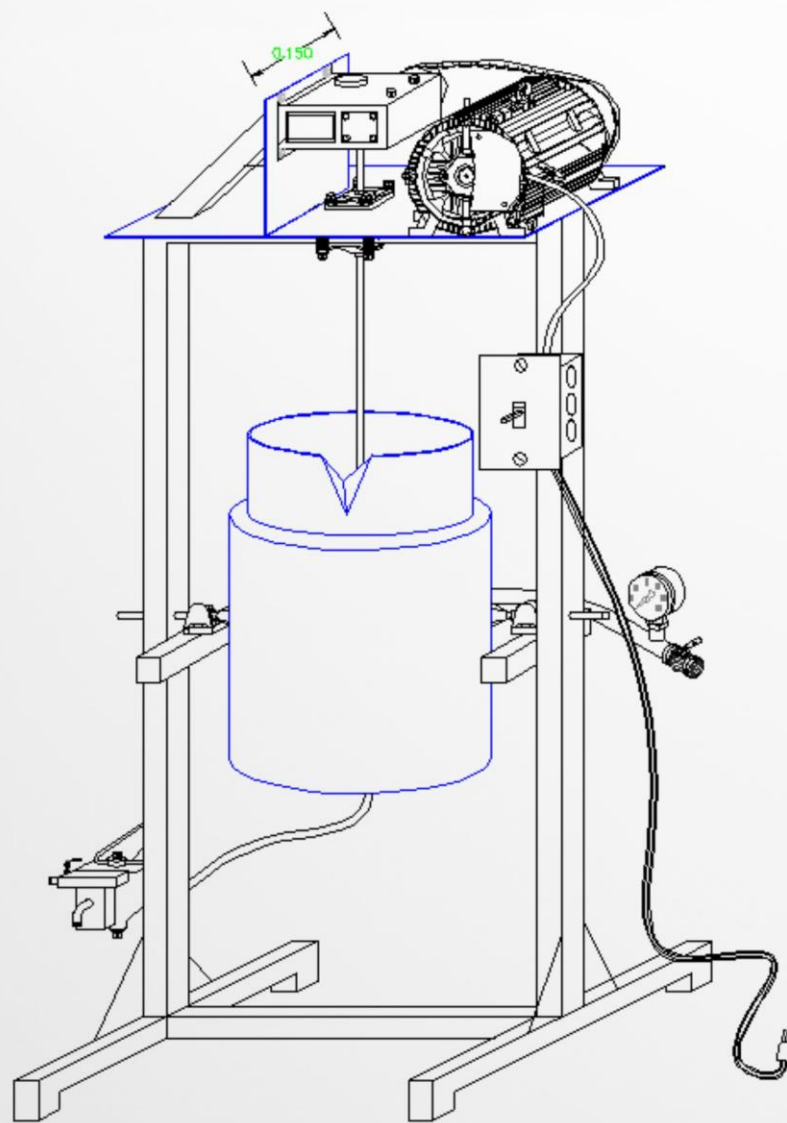




Ciencia Latina
Internacional

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EVAPORADOR PARA LA PRODUCCIÓN DE MANJAR DE LECHE: APORTES A LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA



Julio 2024 – CID - Centro de Investigación y Desarrollo

Copyright © CID - Centro de Investigación y Desarrollo

Copyright del texto © 2024 de Autores

biblioteca.ciencialatina.org

editorial@ciencialatina.org

Atención por WhatsApp al +52 22 2690 3834

Datos Técnicos de Publicación Internacional
Título: Diseño y construcción de un evaporador para la producción de manjar de leche: Aportes a la investigación en Ingeniería Autores: Wilson Patricio León Cueva, Jessica Elizabeth Montaguano Jiménez, Wilson Emmanuel Carrion Espinosa, Jerling Samantha Hurtado González, Katty Alexandra Gadway Yambay Editor: CID - Centro de Investigación y Desarrollo Diseño de tapa: CID - Centro de Investigación y Desarrollo Corrección de Estilo: CID - Centro de Investigación y Desarrollo Formato: PDF Páginas: 88 pág. Tamaño: A4 21x29.7cm Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acceso: World Wide Web ISBN: 979-8-218-61838-4 DOI: https://doi.org/10.37811/cli_w1086

1ª. Edición. Año 2024. Editorial CID - Centro de Investigación y Desarrollo

El contenido del libro y sus datos en su forma, corrección y fiabilidad son responsabilidad exclusiva de los autores. Permite la descarga de la obra y compartir siempre que los créditos se atribuyan a los autores, pero sin la posibilidad de cambiarlo de cualquier forma o utilizarlo con fines comerciales

Prohibida su reproducción por cualquier medio

Distribución gratuita

Diseño y construcción de un evaporador para la producción de manjar de leche:

Aportes a la investigación en Ingeniería

Wilson Patricio León Cueva
wleon@utmachala.edu.ec

Jessica Elizabeth Montaguano Jiménez
jessica.montaguano@educacion.gob.ec

Wilson Emmanuel Carrion Espinosa
wcarrion@utmachala.edu.ec

Jerling Samantha Hurtado González
jshurtado@utmachala.edu.ec

Katty Alexandra Gadvay Yambay
kgadvay@utmachala.edu.ec

RESUMEN

En el presente proyecto se realizó el diseño y la construcción de un evaporador de simple efecto con chaqueta, destinado a la elaboración de manjar de leche. El proceso de diseño comprendió una revisión exhaustiva bibliográfica y experimentos anteriores, lo cual posibilitó la aplicación de los principios fundamentales de diseño e ingeniería de procesos. De esta manera, se garantizó la precisión en el dimensionamiento y la construcción del equipo requerido para su óptimo rendimiento.

El evaporador consta de 2 cilindros uno interno donde se almacena la materia prima para el proceso y el otro la chaqueta cilíndrica recta, en el cual se inyecta vapor proveniente de la caldera que funciona con combustible (diesel), así mismo el equipo posee un sistema de agitación con paletas huecas para dar homogeneidad al producto durante el proceso cuenta con las debidas valvulas controladoras de vapor, manometro, trampa de vapor en este caso de balde invertido para poder drenar el condensado que se produce dentro de la chaqueta.

Los materiales que se utilizaron en el equipo previo a la construcción fueron láminas, tubos, y varillas de acero inoxidable AISI 304 debidamente cortadas y soldadas. Una de las principales características de este diseño es que se adapta a cualquier tipo de instalación, su fácil ensamblaje y mantenimiento permite un buen funcionamiento del equipo, ya que en su exterior se encuentra una transferencia de calor necesaria para estar en contacto con la materia prima. El equipo permite la elaboración de manjar de leche, así mismo se puede emplear para elaborar pastas, jugos concentrados, leches evaporadas etc, solo hay que tener en cuenta la variables de operación como tiempo, presión y temperatura.

Palabras clave: *Evaporación, productos alimenticios, equipos industriales, cálculos de Ingeniería.*

ABSTRACT

In this project, the design and construction of a single-effect evaporator with a jacket was carried out, intended for the production of milk delicacy. The design process included an exhaustive literature review and previous experiments, which made it possible to apply the fundamental principles of process design and engineering. In this way, precision is guaranteed in the sizing and construction of the equipment required for optimal performance.

The evaporator 2 includes an internal cylinder where the raw material for the process and the other a straight cylindrical jacket in which steam is injected from the fuel -operated boiler (diesel), likewise stores the computer has a system of agitation with hollow to give homogeneity to the product during the pallets. Has caused the valves controlling steam gauge. Steam trap in this case inverted bucket to drain the condensate that occurs inside the jacket.

The materials used in the pre-construction team were sheets, tubes, and rods. Iasi 304 stainless steel and welded properly weld cut way. One of the main features of this design is that it adapts to any type of installation, ease of assembly and maintenance allows proper functioning of equipment, because on the outside there is a transfer of heat required to be in contact with the raw material. The equipment allows the preparation of food of milk, so it can be used to make pasta, juice concentrates, evaporated milk etc., you just have to take account of the operating variables such as time, pressure, and temperature.

Keywords: *Evaporation, food products, industrial equipment, engineering calculations.*

ÍNDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE.....	6
CAPITULO I.....	9
INTRODUCCION	10
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.2. OBJETIVOS	11
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	11
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
REVISIÓN DE LITERATURA	12
1.3. EVAPORACION. - DEFINICIÓN.....	12
1.4. OBJETIVOS Y APLICACIÓN DE LA EVAPORACION.	12
1.5. EVAPORADOR.....	13
1.5.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL EVAPORADOR.....	14
1.6. EVAPORADORES DE MULTIPLE EFECTO	14
1.7. EVAPORADOR DE SIMPLE EFECTO	15
1.7.1. VARIABLES DE OPERACIÓN.....	15
1.7.2. RECIPIENTES ENCHAQUETADOS.....	17
1.7.3. FUNCIONAMIENTO DE LA ENCHAQUETADURA.	19
1.8. MATERIA PRIMA (LECHE)	20
1.8.1. CARACTERISTICAS GENERALES.....	21
1.8.2. PROPIEDADES FÍSICAS	21
1.8.3. PROPIEDADES QUÍMICAS.....	21
1.8.4. PROPIEDADES NUTRICIONALES.....	22
1.8.5. COMPOSICIÓN DE LA LECHE.....	23
1.9. INSUMOS	23
1.9.1. AZÚCAR.....	24
1.9.2. BICARBONATO DE SODIO	24
1.9.3. PECTINA.....	25
1.10. MANJAR DE LECHE	25
1.10.1. ORIGEN	26
1.10.2. ELABORACIÓN ARTESANAL	26
1.10.3. ELABORACIÓN INDUSTRIAL.....	27

1.11.	PROCESO DE ELABORACION DEL MANJAR.....	28
1.12.	DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA FABRICACION DEL MANJAR.....	30
1.13.	CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO.....	30
1.13.1.	VISCOSIDAD.....	31
1.13.2.	FORMACIÓN DE ESPUMAS.....	31
1.13.3.	FORMACIÓN DE COSTRAS.....	31
1.13.4.	SENSIBILIDAD DE CALOR.....	31
1.13.5.	NATURALEZA DE CORROSIÓN.....	31
1.13.6.	PRESIÓN Y TEMPERATURA.....	32
1.13.7.	CONCENTRACIÓN.....	32
1.14.	MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	32
1.14.1.	ACERO INOXIDABLE 304.....	32
1.14.2.	MANGUERAS DE VAPOR:.....	34
1.14.3.	TRAMPAS DE VAPOR.....	35
1.14.4.	TRAMPA DE VAPOR DE BALDE INVERTIDO.....	36
1.14.5.	VALVULAS PARA VAPOR.....	37
1.14.6.	VÁLVULA DE BOLA.....	37
1.15.	ECUACIONES BASICAS DE DISEÑO.....	39
1.15.1.	VOLUMEN DEL EVAPORADOR.....	39
1.15.2.	CAPACIDAD TOTAL DEL EVAPORADOR.....	40
1.15.3.	ALTURA DEL EVAPORADOR.....	40
1.15.4.	RELACION PARA TANQUES VERTICALES.....	40
1.15.5.	SISTEMA DE AGITACIÓN.....	40
1.15.6.	ALTURA DE LAS PALETAS DE AGITACION.....	41
1.15.7.	POTENCIA DEL MOTOR.....	41
1.16.	BALANCE MASA.....	42
1.17.	BALANCE DE MATERIA TOTAL.....	44
1.18.	BALANCE DE ENERGÍA EN FORMA DE ENTALPIAS.....	45
CAPÍTULO II.....		49
MATERIALES Y MÉTODOS.....		50
1.19.	MATERIALES.....	50
1.20.	METODOLOGÍA.....	52
1.21.	TIPO DE MUESTRA.....	52
1.22.	DISEÑO DE CONSTRUCCION.....	52
1.23.	CÁLCULOS.....	54

1.24.	DISEÑO DEL EVAPORADOR.....	65
1.25.	MANUAL DE OPERACIÓN	69
	CAPITULO III.....	72
	RESULTADOS	73
1.26.	ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	74
	CAPÍTULO IV	76
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
	ANEXOS	83

CAPITULO I

CAPITULO I

INTRODUCCION

El rápido desarrollo de nuevos productos en las industrias de procesos ha dado lugar a la producción de líquidos con diversas propiedades físicas y químicas. Las técnicas de evaporación son necesarias para concentrar estos líquidos.

La industria química emplea ampliamente la evaporación como Operación Unitaria para extraer un líquido de una solución calentando una parte del líquido a concentrar. (Ballesteros et al., 2019) Separación térmica o concentración térmica es el término utilizado para describir este proceso. La evaporación se describe como el procedimiento que inicia con un producto líquido y culmina en uno de mayor concentración.

Esta etapa es crucial para el secado de suspensiones coloidales, jarabes, salmueras, jugos y salsas, ya que es el único paso del proceso de secado. Al vaporizar el solvente (agua), los productos se vuelven lo suficientemente sólidos como para usarse en diversas tecnologías. El diseño del equipo adecuado implica realizar calculos de dimensionamiento, así establecer especificaciones como tamaño y capacidad operativa para asegurar un diseño óptimo. Se deben considerar varios factores para lograr un equilibrio eficiente entre el rendimiento de la evaporación, la calidad del producto y la economía en este proceso. (Ostrove, 2019)

El proyecto utilizará la experiencia en ingeniería química para desarrollar y construir un evaporador de efecto único. La principal preocupación es establecer los modelos matemáticos necesarios para calcular el coeficiente general de transferencia de calor en el intercambiador de calor, que es un componente crítico del proceso de evaporación.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La utilización de leche entera de vaca como manjar a través de un equipo industrial se recomienda como una técnica más eficiente que la producción artesanal. Este producto, una de las principales fuentes alimenticias para consumo humano y animal, lo produce y comercializa nuestro país, destacando como uno de los principales actores del mercado.

La leche desempeña un papel fundamental en la elaboración de diversos productos industriales, tales como la mantequilla, el queso y el yogur, los cuales son ampliamente

empleados en las industrias agroalimentaria, química y farmacéutica debido a su versatilidad y alto valor nutricional. Debido a su disponibilidad en múltiples presentaciones, la leche se convierte en una materia prima indispensable para la fabricación de alimentos. (Mohan et al., 2021)

La construcción del evaporador es importante para las industrias mencionadas, ya que puede mejorar mucho los procesos de producción. El desarrollo de un equipo piloto para plantas de lácteos pretende proporcionar datos esenciales para la industria y optimizar la eficiencia y calidad de los productos lácteos. Este estudio resulta especialmente relevante en este contexto. (Meng, 2023)

La implementación de este evaporador en las empresas posibilitará la experimentación y mejora de los procesos de evaporación, garantizando un rendimiento óptimo y una mayor calidad en el producto final. Este equipo será fundamental para la formación industrial, brindando a los profesionales un manual técnico avanzados en evaporación y contribuir al avance de tecnologías innovadoras en la fabricación de lácteos y sus derivados. (Moran, 2019)

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL.

- Diseñar y construir un evaporador de efecto simple utilizando ecuaciones de diseño específicas para la producción de manjar de leche.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar y aplicar los balances de materia y energía para el dimensionamiento respectivo del equipo
- Construcción, montaje y funcionamiento adecuado del evaporador de simple efecto
- Obtención de producto lácteo siguiendo todas las normas de calidad. CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

1.3. EVAPORACION. - DEFINICIÓN

La evaporación es un proceso en el que se separa un líquido volátil de una sustancia que no se evapora, al hacer que el líquido se convierta en vapor, que es el componente a separar. Se lleva a cabo mediante el calentamiento y condensación del vapor. En este proceso, se parte de un producto líquido y se obtiene uno más concentrado, aún líquido y bombeable, siendo este último el producto principal de la operación. (Ocon & Tojo, 1980)

El contenido máximo de sólidos en el concentrado del evaporador depende de la composición del producto, ya que esta influye directamente en la viscosidad del concentrado. En el caso específico de la evaporación de la leche, la pasteurización es crucial para asegurar que el producto en polvo resultante cumpla con las especificaciones de bajo contenido de bacterias termófilas y mesófilas. (Kern, 1975)

Durante la evaporación, es posible observar diversos casos típicos, como el aumento de la densidad en soluciones acuosas que contienen azúcar, sal, soda cáustica, glicerina, espesantes, leche y zumo de naranja. El propósito principal de estos procesos consiste en obtener como resultado final una solución concentrada, siendo el agua evaporada normalmente eliminada. (McCabe & Smith, 1973)

1.4. OBJETIVOS Y APLICACIÓN DE LA EVAPORACION.

Principales Objetivos de la Evaporación

- **Concentrar alimentos:** Antes de deshidratarlos, congelarlos o someterlos a otras operaciones, se busca reducir su peso y volumen, lo que permite ahorrar energía en los procesos posteriores.
- **Aumentar el contenido de sólidos:** Mejora la conservación del producto al reducir su actividad de agua.
- **Facilitar el uso:** Se suministra un producto más cómodo tanto para el consumidor como para el fabricante.

- **Modificar aroma y color:** Se pueden cambiar las características de aroma y/o color de los alimentos.

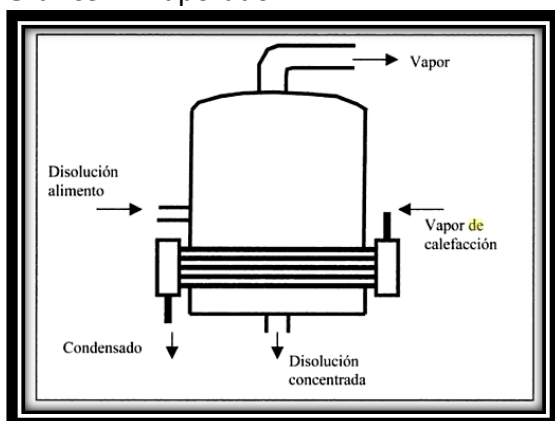
Aplicaciones Industriales

- **Acumulación de artículos:** Como el proceso de obtención de melaza en la producción de azúcar. Antes de comenzar el proceso de secado, es necesario realizar la preconcentración del alimento.
- **Disminución de tamaño:** Igual que la preparación de leche condensada en las instalaciones de pasteurización.
- **Reutilización de agua o disolvente:** Como en el proceso de obtención de NaOH y cloruro de sodio.
- **Cristalización:** Proceso en el que los tachos se llenan de brillantes cristales de azúcar.

1.5. EVAPORADOR.

La estructura fundamental del evaporador implica un intercambiador de calor que fomenta la evaporación de la solución y un mecanismo que separa el vapor líquido. Puede representarse como una superficie caliente que contiene una bandeja para líquidos. La superficie sirve como un intercambiador de calor básico, permitiendo que el vapor se libere a un espacio favorable que facilite su flujo, disminuyendo así su velocidad. (Zang et al., 2019)

Gráfico 1 Evaporador.



Fuente: (Garcia, 2009)

En aplicaciones industriales continuas, el evaporador se diseña con una mayor superficie de intercambio de calor. Esto intensifica el proceso de ebullición, haciendo que la liberación de vapor sea más rápida y el proceso en general más violento. (Perry, 1995)

1.5.1. ELEMENTOS FUNDAMENTALES DEL EVAPORADOR.

Los evaporadores industriales generalmente incluyen los siguientes componentes:

- Un equipo concentrador que proporciona tanto el calor sensible como el calor latente necesario para evaporar el líquido alimenticio. En la industria alimentaria, suele utilizarse vapor saturado para el calentamiento.
- La separación del vapor de la fase líquida concentrada se logra mediante el uso de un separador. Es posible que los sistemas de presión atmosférica no requieran el separador en ocasiones.
- Un condensador que condensa el vapor y elimina el condensado del sistema.
- Un área para la circulación del medio de calentamiento (ya sea vapor, electricidad, etc.).

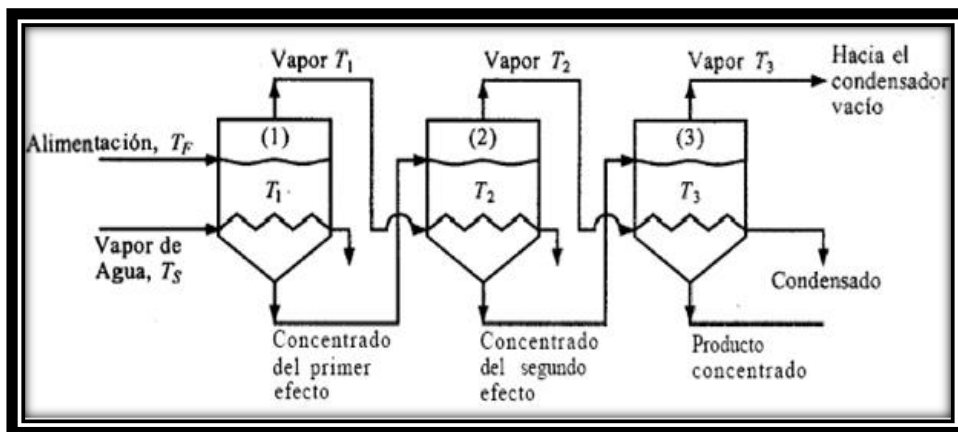
Estos componentes aseguran que la evaporación sea de manera eficiente y controlada en aplicaciones industriales.

1.6. EVAPORADORES DE MULTIPLE EFECTO

Los evaporadores de doble efecto son sistemas que consisten en varios evaporadores o efectos conectados entre sí. En el primer efecto, se emplea vapor fresco como agente calentador. El vapor producido en este primer efecto se utiliza como agente calentador en el segundo efecto. Posteriormente, el vapor generado en el segundo efecto se utiliza como agente calentador en el tercer efecto, y así sucesivamente. (Bo et al., 2019)

Este diseño permite aprovechar eficientemente el calor generado durante el proceso de evaporación, haciendo que el sistema sea más energéticamente eficiente en comparación con los evaporadores de efecto único. (Treybal, 1988)

Gráfico 2 diagrama simplificado de múltiples efectos con alimentación hacia delante.



Fuente: (Geankoplis, 1967)

1.7. EVAPORADOR DE SIMPLE EFECTO

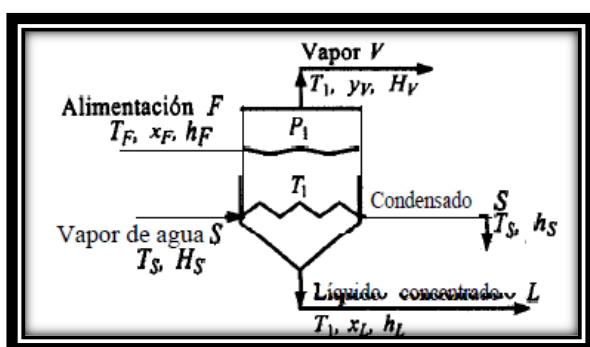
Para evaporar el agua de una disolución se debe transferir a través de una superficie de calentamiento mediante el calor latente de condensación del vapor de agua. Este procedimiento implica la consideración de dos equilibrios energéticos (entalpía): uno relacionado con el vapor de agua y otro con la mezcla formada a concentrar. (Li & Wang, 2020)

El proceso comienza elevando la temperatura de la solución diluida hasta que esta se evapore a la presión en el evaporador. Posteriormente se debe considerar la energía necesaria para hervir la solución y evaporar el agua.

Este proceso asegura que la separación de agua de disolución provenga del vapor de agua condensado, lo que permite concentrar la solución original de manera eficiente y controlada. (Ocon & Tojo, 1980)

1.7.1. VARIABLES DE OPERACIÓN

Gráfico 3 balance de calor y masa para un evaporador de simple efecto.



Fuente: (Geankoplis, 1967)

DONDE:

F = alimento (Kg/h)

H_f = entalpia del alimento (Kcal/kg)

T_{f1} = Temperatura del alimento ($^{\circ}\text{C}$)

X_{f1} = fracción masa (adimensional)

S = calor de calefacción (kg/h)

T_s = temperatura de vapor

H_s = entalpia de vapor (Kcal/kg)

λ_w = calor latente de condensación (Kcal/Kg)

V = vapor (Kg/h)

H_v = entalpia de vapor (Kcal/Kg)

S = condensado (Kg/h)

H_c = entalpia de condesado

T_s = temperatura del líquido condensado

L = concentrado (Kg/h)

X_l = Kg de masa de soluto / kg masa solución concentrado (adimensional)

T_l = temperatura del líquido concentrado

H_l = entalpia del concentrado (Kcal/Kg)

Q_p = perdidas de calor

1.7.2. RECIPIENTES ENCHAQUETADOS

❖ Recipientes sin agitación:

En el ámbito de la literatura especializada, la disponibilidad de información para la predicción de los coeficientes de transferencia de calor en situaciones que involucran el uso de una chaqueta térmica ya sea entre ésta y un líquido alojado en un recipiente cilíndrico vertical, es limitada. Esta escasez de datos es particularmente notable en escenarios donde no se recurre a la agitación mecánica. (Kern, 1975)

La disponibilidad de datos para predecir los coeficientes de transferencia de calor en aplicaciones de enfriamiento por convección libre es limitada. Se espera que estos coeficientes sean significativamente menores. Colburn ha recopilado los resultados de varios estudios, lo que facilita la realización de generalizaciones amplias. (Han et al., 2021)

La cantidad de calor en los contenedores es de aproximadamente 250 Btu/(hr·ft²·°F) para cobre y 175 Btu/(hr·ft²·°F) para acero, donde el calor se absorbe desde el condensado en una capa exterior de la solución dentro del tanque evaporador. La diferencia se debe a las diferentes conductividades térmicas y a los espesores estructurales similares de los dos metales. Se prevé que la ebullición de soluciones acuosas diluidas dé como resultado coeficientes similares. Mientras la corriente no se enfríe activamente, un coeficiente de transferencia de calor de aproximadamente 100 Btu/(hr·ft²·°F) se considera apropiado para el intercambio de calor de agua a agua. El rango de coeficientes para soluciones acuosas que son similares al agua pura se encuentra entre 75 y 80 Btu/(hr·ft²·°F).

Estos valores son una guía aproximada para diseñar y comprender los procesos de transferencia de calor en sistemas donde se utilizan camisas de enfriamiento o calentamiento en recipientes cilíndricos verticales sin agitación mecánica. (Himmelblau, 1971)

En el proceso de intercambio de calor de hidrocarburos no viscosos, se busca que el coeficiente total de transferencia de calor sea reducido, en torno a 50 Btu/(hr·ft²·°F). Para los compuestos orgánicos, considerados fluidos clasificados, se estima que el rango más común de coeficientes se sitúa entre 10 y 20 Btu/(hr·ft²·°F).

En los recipientes, la chaqueta a menudo está equipada con deflectores helicoidales para asegurar una circulación positiva del fluido. Es importante notar que los coeficientes de

transferencia de calor seleccionados de estos grupos no pueden simplemente incorporarse en la ecuación de Fourier

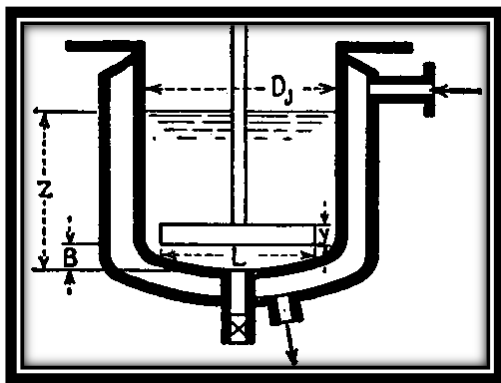
$$Q = UA \Delta t$$

Suponiendo que ninguna de las corrientes se enfríe activamente, un coeficiente de transferencia de calor de aproximadamente 100 Btu/(hr·ft²·°F) se considera adecuado cuando ambas corrientes se enfrían activamente en el proceso de calentamiento o agua de enfriamiento. (Kern, 1975)

❖ Recipientes con agitación mecánica:

Chilton, Drew y Jebens han desarrollado una correlación muy útil para bobinas y recipientes con camisa, aplicable tanto en procesos discontinuos como en condiciones de estado estacionario. Si bien la mayor parte de su investigación se realizó en embarcaciones con un diámetro de un pie, también se llevaron a cabo pruebas experimentales en embarcaciones cinco veces más grandes. (Bo et al., 2019)

Gráfico 4 Recipiente enchaquetado.



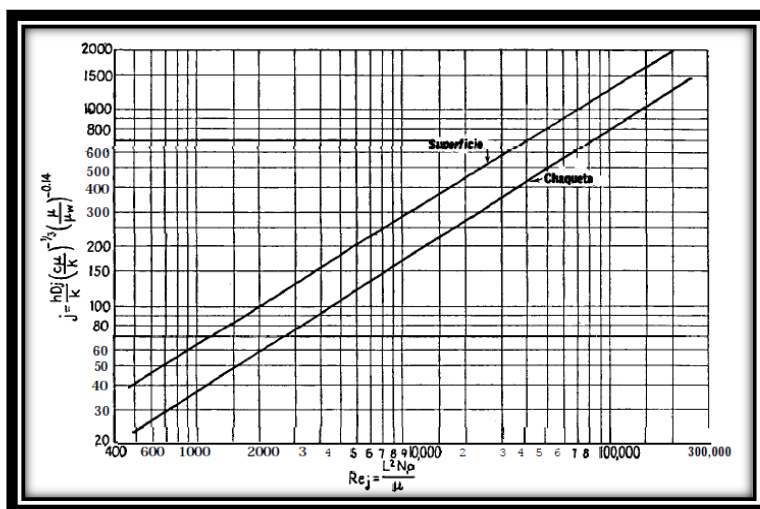
Fuente: (Kern, 1975)

La relación entre la rapidez con la que se agita y la cantidad de aire que se introduce en el líquido se mantiene constante en los recipientes con chaqueta. Para el agua, este equilibrio se alcanzó a una velocidad de agitación de 200 rpm, mientras que para otros líquidos se necesitaba una velocidad mayor. En la ilustración se muestra un diseño típico de un recipiente con chaqueta, que incluye un recipiente principal con su respectiva chaqueta, un sistema para la circulación de líquido dentro de la chaqueta, y un agitador con hélices planas. (McCABE & SMITH, 1973)

Los elementos fundamentales que considerar en el cálculo son la medida vertical de la porción líquida en el depósito (z), el ancho del recipiente (Di), la extensión de la pala del mezclador (L), y la separación entre el extremo de la pala y el fondo del contenedor (B). Según investigaciones realizadas por White y sus colegas, los requisitos de potencia pueden ser determinados a través del número de Reynolds modificado ($Re = L N \rho / \mu$), donde L representa la longitud del agitador en pies, N es la rotación por hora, ρ es la densidad del líquido, y μ es la viscosidad.

Los investigadores Chilton, Drew y Jebens han empleado el mismo número de Reynolds modificado en el estudio de la transferencia de calor. Sus hallazgos se encuentran expresados mediante la siguiente ecuación coherente. (Kern, 1975)

Gráfico 5 Coeficiente de transferencia de calor.



Fuente: (Kern, 1975)

1.7.3. FUNCIONAMIENTO DE LA ENCHAQUETADURA.

El evaporador mencionado es calentado por vapor, empleando la chaqueta como superficie calefactora. Se trata de una operación de efecto único que resulta particularmente beneficiosa para el procesamiento de materiales sensibles al calor. Al trabajar en condiciones de alto vacío, para tener el fluido a baja temperatura durante un breve lapso de tiempo. (Brown, 1965)

Los equipos con chaqueta trabajan con el alimento contenido en el equipo, lo que simplifica el acondicionamiento de la alimentación de forma eficiente. Se caracterizan por utilizar vapor

como fuente de calor. Este enfoque se aplica en situaciones donde la disolución a procesar es limitada al rendimiento del vapor en comparación con la inversión requerida para un evaporador de mayor complejidad. (Foust et al., 1984)

Resultan económicos, necesitan poco espacio, se instalan fácilmente y permiten una eficiente transferencia de calor. Además, se utiliza poca cantidad de líquido en función del material a procesar.

1.8. MATERIA PRIMA (LECHE)

La leche se describe como el líquido obtenido de ordenar una vaca lechera de forma continua y completa en un entorno higiénico y con una alimentación adecuada, sin añadir ningún tipo de sustancias. Para ser considerada leche, debe ser recolectada después del parto de sus crías. La leche recolectada durante los 10 días antes y después del parto no es apta para el consumo humano. Es fundamental que el ordeño sea total, ya que, de lo contrario, si queda leche en la ubre, su composición química se alterará. (Mohan et al., 2021)

Gráfico 6 Leche



Fuente: (Alcazar, 2005)

La función primordial de la leche es nutrir a los bebés hasta que puedan consumir otros alimentos, y es esencial al resguardar el sistema digestivo de los pequeños contra agentes patógenos, sustancias tóxicas e inflamaciones. (Zunino, 2009) Además, influye sustancialmente en el bienestar metabólico al controlar los mecanismos de generación de energía, en especial en la absorción de glucosa e insulina. (Kourkouta Lambrini et al., 2020)

1.8.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

Las propiedades de la leche de los mamíferos varían según la especie y la raza, así como a lo largo del período de lactancia y su procesamiento. La leche se caracteriza por ser un líquido blanco opaco y ligeramente viscoso, con composición y propiedades fisicoquímicas distintas entre especies animales. (Magariños, 2000)

1.8.2. PROPIEDADES FÍSICAS

La compleja y diversa mezcla de leche de vaca y las tres fases que crean un sistema coloidal con una densidad promedio de 1.032 g/ml.

- Los minerales, al igual que los glúcidos, se encuentran disueltos en el agua. Esta es la solución.
- En suspensión se encuentran las sustancias proteicas al entrar en contacto con el agua.
- La grasa se presenta en forma de emulsión cuando se encuentra en agua.

El contenido de agua en el producto es significativo, alcanzando aproximadamente el 87% de su composición. El extracto seco corresponde a 130 gramos mínimo, de los que entre 35 y 45 g corresponden a materia grasa, según la normativa vigente.

La leche es una valiosa fuente de nutrientes, ya que contiene una variedad de elementos cruciales como lactosa, proteínas y lípidos. Se divide en orgánicos (hidratos de carbono, lípidos, proteínas, vitaminas) y minerales (calcio, sodio, potasio, magnesio, cloro). La leche contiene sustancias orgánicas, incluidos carbohidratos, lípidos y proteínas, esenciales para producir energía. Los nutrientes se distribuyen en componentes de la construcción de las proteínas, y en compuestos energéticos, como los carbohidratos y las grasas. (Magariños, 2000)

1.8.3. PROPIEDADES QUÍMICAS.

El pH de acidez de la leche se encuentra en una franja ligeramente ácida, con valores comprendidos entre 6.6 y 6.8 en la escala de pH. Una característica química importante es su acidez, que se mide por la cantidad de ácido presente, generalmente variando entre 0.15% y 0.16% en la leche. Los alimentos proteicos son especiales desde el punto de vista químico en la leche, dividiéndose en dos categorías principales: las proteínas, donde la caseína representa

aproximadamente el 80 % del total, y las del suero, que son el 20 % restante, junto con las enzimas.

La temperatura y el pH son los dos factores principales que determinan la actividad enzimática y su influencia varía en todo el sistema. La presencia de fosfatasa indica la eficacia de la pasteurización cuando se encuentra a temperaturas adecuadas para la pasteurización.

La presencia de reductasa en la leche indica contaminación por microorganismos externos a la misma. La combinación de xantoxidasa y nitrato de potasio (KNO_3) tiene la capacidad de detener el crecimiento de bacterias butíricas. La oxidación de las grasas por la lipasa provoca un olor rancio en los productos lácteos, proceso que puede ser evitado mediante la pasteurización. La presencia de catalasa aumenta en casos de mastitis, aunque no afecta la calidad del alimento, siendo utilizada como un indicador microbiológico.

1.8.4. PROPIEDADES NUTRICIONALES.

La leche entera de vaca se caracteriza por su diversa composición, que incluye grasas, proteínas y glúcidos. Las grasas, principalmente triglicéridos saturados, representan el 98% de los lípidos totales. Entre las proteínas presentes están la caseína, la albúmina y las del suero. Por otro lado, los glúcidos incluyen lactosa y otros azúcares propios de la leche. La leche es un producto alimenticio completo debido a su contenido en fibra dietética. También es una fuente importante de vitaminas, entre ellas A, B, D3 y E. Cabe mencionar que la vitamina D es esencial para la absorción del calcio en dientes y huesos, por lo que se recomienda consumirla con moderación particularmente en niños. (Alcazar, 2005)

Algunos ácidos grasos presentes en la leche, como el ácido butírico, vacénico y linoleico, tienen efectos beneficiosos para la salud. Un vaso de 250 ml de leche bovina proporciona la cantidad diaria recomendada de estos ácidos grasos.

- El contenido de calcio es del 44%.
- El contenido de vitamina A es del 20%.
- El contenido de vitamina D es del 50%.

El color amarillo del calostro refleja un alto nivel de proteínas y anticuerpos que son esenciales para la inmunización del recién nacido. La industria no le ha descubierto ningún uso, a pesar de sus beneficios nutricionales.

1.8.5. COMPOSICIÓN DE LA LECHE

La leche tiene una composición química altamente compleja y detallada, lo cual evidencia su significativa relevancia en la nutrición de las crías. Esta composición láctea varía de acuerdo a las exigencias específicas de la especie durante el proceso de crianza.

❖ LACTOSA.

La lactosa es un disacárido que se encuentra exclusivamente en la leche, siendo el principal y único carbohidrato presente en ella. No obstante, se han detectado cantidades reducidas de glucosa, galactosa, sacarosa, cerebrósidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina.

❖ LÍPIDOS O GRASAS

La leche tiene grasas que tienen un impacto en sus características. La leche contiene una variedad de lípidos, como triacilglicéridos, diacilglicéridos, monoacilglicéridos, fosfolípidos, ácidos grasos libres, esteroides y sus ésteres, además de algunos glúcidos.

❖ CASEÍNA

Las proteínas más comunes y representativas en la leche son las caseínas, específicamente la caseína- α 1, la caseína- β y la caseína- κ . En la industria láctea, la caseína- κ es de gran relevancia debido a sus distintivas propiedades, las cuales incluyen:

El uso de caseína kappa es particularmente ventajoso en la producción de queso. Esta caseína es más abundante en la leche de vaca que en la leche humana. Cuando la renina hidroliza la caseína kappa, esta se convierte en para-caseína kappa, la cual al interactuar con el calcio forma para-caseinato de calcio.

1.9. INSUMOS

Los principales insumos o aditivos que se utilizan en la preparación de manjar son azúcar, bicarbonato de sodio y pectina.

1.9.1. AZÚCAR

El jugo de caña de azúcar es la fuente de la sustancia sólida que comúnmente se conoce como azúcar. La forma pura de sacarosa, que tiene la fórmula $C_{12}H_{22}O_{11}$, es un tipo de carbohidrato. La limpieza, transparencia y color de los cristales de azúcar refinado son fundamentales. En el dulce de leche, el azúcar no solo aporta sabor, sino que también desempeña un papel crucial en la coloración del producto final al propiciar reacciones de caramelización que generan tonos pardos. La textura y consistencia del producto alimenticio también son afectadas por este factor, así como la posibilidad de que se produzca cristalización, la cual se considera un defecto en este tipo de producto.

Gráfico 7 Azúcar



Fuente: (Zunino, 2009)

1.9.2. BICARBONATO DE SODIO

La industria alimentaria utiliza bicarbonato de sodio, un mineral extraído del agua de mar o de la sal, para regular la acidez, alcalinizar la masa y facilitar su crecimiento. El bicarbonato de sodio, que también se conoce como hidrogenocarbonato de sodio y tiene una fórmula de $NaHCO_3$, se vende en forma de masa o como un polvo cristalino incoloro o blanco.

Gráfico 8 Bicarbonatos de sodio



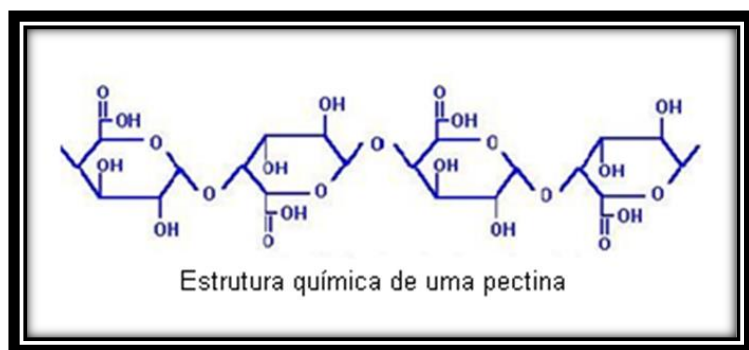
Fuente: (SENATI, 2009)

El dulce de leche se elabora añadiendo bicarbonato de sodio como agente neutralizante. El ácido láctico en la solución de ácido láctico se concentra en el agua y aumenta gradualmente, lo que resulta en la separación del caramelo. La acidez de la leche hace que el producto sea áspero y granulado. Por el contrario, es necesaria una disminución del pH para que las reacciones de Maillard funcionen correctamente, ya que la acidez no producirá el dulzor deseado.

1.9.3. PECTINA

Los polímeros complejos que tienen la pectina son una combinación de polímeros ácidos y neutros. Aproximadamente el 30% del peso seco de la estructura primaria de las células vegetales se deriva de ellas. Al interactuar con el agua, pueden crear geles, alterando la porosidad de la estructura celular y, de esta manera, afectado la accesibilidad de los sustratos para las enzimas que intervienen en su transformación. La pectina es una sustancia gelatinizante de origen vegetal, presente en semillas, cáscaras y pulpa. Es el componente principal responsable de la coagulación de productos, al formar una red que retiene azúcar, otros sólidos y agua. Se obtiene al hervir la fruta en agua.

Gráfico 9 Pectina



Fuente: (Alcazar, 2005)

1.10. MANJAR DE LECHE

El término "Dulce de Leche" se refiere al producto resultante de la concentración, ya sea a presión normal o reducida, de leche o leche reconstituida apta para el consumo, con la adición de azúcar blanco.

Gráfico 10 Manjar de leche.



Fuente: (SENATI, 2009)

1.10.1. ORIGEN

Existen múltiples narrativas acerca del origen del dulce de leche, lo cual dificulta determinar su verdadero origen debido a que varios países productores reclaman su invención. El museo histórico de la nación en Argentina tiene un relato escrito que lo data en 1829, durante una reunión previa a la conferencia entre Juan Manuel de Rosas y Juan Lavalle, antes de la firma de un tratado de paz. El encuentro se realizó en la estancia rosas, ubicada en el barrio de la matanza, cerca de Buenos Aires.

Al arribar en primer lugar, Lavalle se dejó caer exhausto en el lecho de pétalos y se sumió en un profundo sueño. Mientras la sirvienta elaboraba una bebida de leche endulzada, conocida como lechada en aquel tiempo, para acompañar el mate vespertino, se percató de que Lavalle descansaba en el lecho de sus empleadores. Interpretando este acto como una falta de respeto, la criada optó por alertar a los guardias. Poco tiempo después, Rosas hizo acto de presencia, y pidió a la sirvienta un vaso con leche. La criada recordó que había dejado la leche azucarada en la estufa durante un período prolongado. A su regreso, descubrió una sustancia densa y marrón en la leche. El sabor fue motivo de satisfacción para rosas, y se rumorea que discutieron el manjar con lavalle durante su negociación, lo que inequívocamente resultó en la creación del delicioso dulce de leche. Al país no se le ha otorgado la denominación de origen. (Magariños, 2000)

1.10.2. ELABORACIÓN ARTESANAL

El manjar artesanal se prepara en una olla, que luego se calienta a fuego medio-alto, lo que significa que se combinan la leche y el azúcar para luego agregar. Durante este proceso, utiliza

una cuchara de madera para revolver continuamente hasta que el azúcar se disuelva por completo. (Tangyu et al., 2019) Luego, mezcla el bicarbonato de sodio y la vainilla, baja el fuego a temperatura baja y cocina, revolviendo frecuentemente, hasta lograr la consistencia deseada. Cuando estés en este punto, retira la olla del fuego y deja que se enfríe.

1.10.3. ELABORACIÓN INDUSTRIAL

❖ **Recepción:**

La cantidad de leche que entra al proceso se determina pesándola. Después se pasa por un filtro fino para quitar cualquier cosa que no debería estar ahí.

❖ **Análisis:**

La leche debe ser sometida a un análisis organoléptico.

❖ **Preparación:**

La preparación básica para una producción de 60 Kg.:

Gráfico 11 Formulación para manjar.

Ingrediente	Cantidad	Función
Leche fresca	50 litros	Ingrediente principal
Azúcar	9.5 Kg.	Aporta los sólidos solubles que ayudan a concentrar el producto
Glucosa	0.4 Kg.	Mejora la viscosidad y previene la cristalización
Bicarbonato de sodio	23 g.	Neutraliza acidez de la leche
Almidón	250 g.	Mejora la consistencia y reduce tamaño de los cristales

Fuente: (SENATI, 2009)

❖ **Neutralización:**

La adición de bicarbonato de sodio neutraliza la acidez de la leche, lo que contribuye al color característico del caramelo.

❖ **Calentamiento:**

La leche se calienta a 50 °C en una olla. Posteriormente, se añaden 250 gramos de almidón, el cual se mezcla hasta su completa disolución durante un lapso de 10 minutos. Finalmente, se incorpora el azúcar a la mezcla.

❖ **Concentración:**

Durante el proceso, la mezcla se somete a un calentamiento constante hasta que se logra alcanzar un nivel de concentración de entre 65 y 70 °Brix, el cual se verifica mediante el uso de un refractómetro. Esta fase requiere un período de tiempo considerable debido a la necesidad de eliminar una cantidad de agua significativa de la mezcla. A medida que la prepación comienza a adquirir una consistencia más espesa, se realizan mediciones continuas hasta lograr el nivel de °Brix deseado. En ausencia de un refractómetro, es posible llevar a cabo una prueba empírica conocida como punteo, que implica enfriar una pequeña porción del producto sobre una superficie para verificar si ha alcanzado la consistencia deseada. (Toppi et al., 2022)

❖ **Batido y enfriado:**

Una vez que la fuente de calor se apaga, se procede a batir vigorosamente el producto con una paleta con el fin de acelerar su enfriamiento. Este proceso también tiene como objetivo incorporar aire, lo cual influirá en la coloración del producto terminado.

❖ **Envasado:**

Se envasa el alimento a una temperatura inferior a 70 °C. Se pueden emplear recipientes de apertura amplia y diversos materiales como hojalata, madera y polietileno.

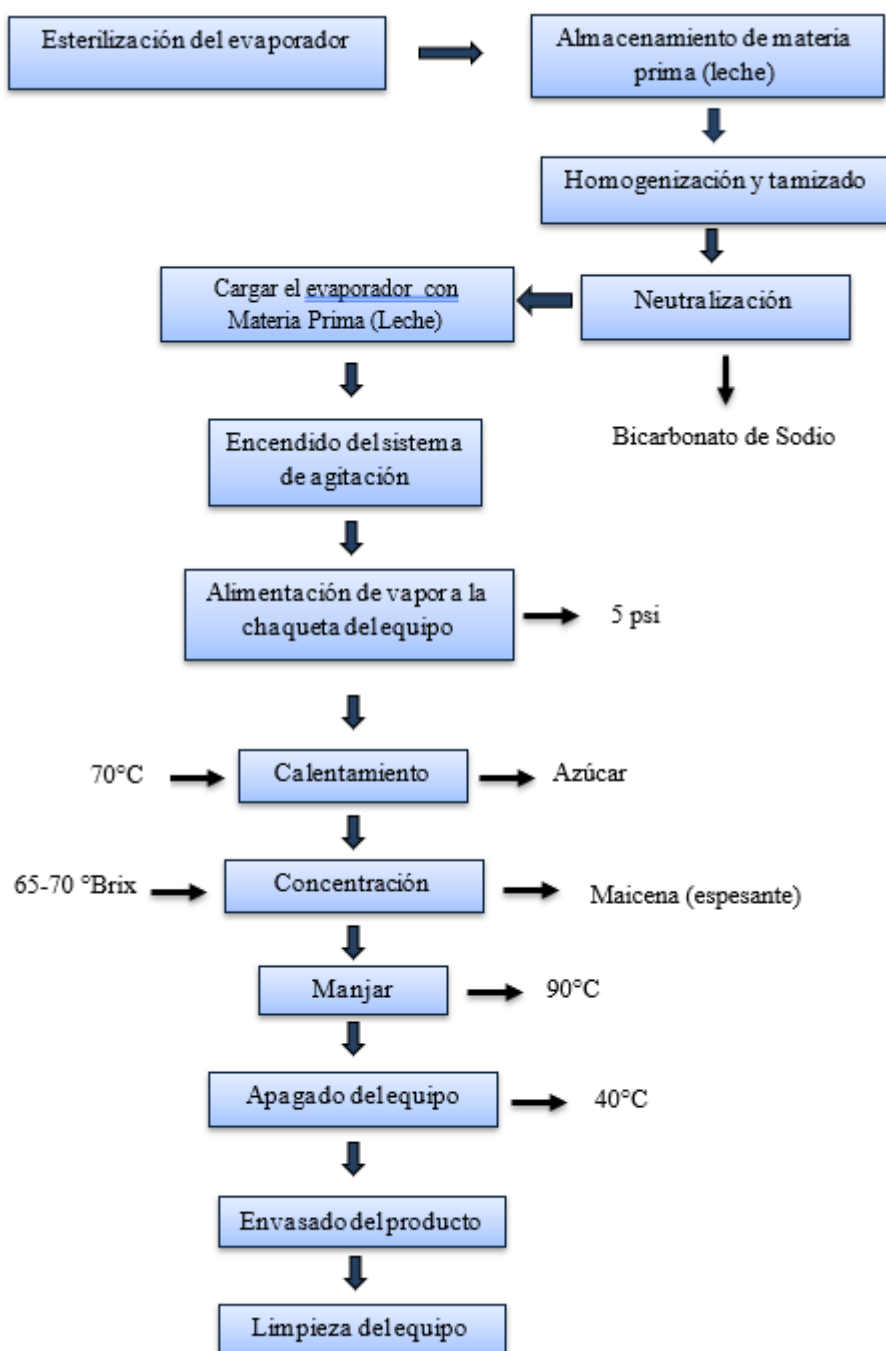
1.11. PROCESO DE ELABORACION DEL MANJAR

La producción industrial del manjar lácteo se caracteriza principalmente por las etapas siguientes etapas:

- Acondicionar la caldera para poner inyectar vapor a la chaqueta
- Limpiar el equipo para evitar impurezas extrañas .

- Ajustar el equipo con el sistema de vapor y control automático para el adecuado funcionamiento.
- Colocar los 20 lts de leche entera de vaca y añadir 20 gr de bicarbonato para neutralizar la acidez de la leche
- calentar la leche hasta alcanzar la temperatura de 70°C, seguidamente añadimos el azúcar con una agitación constante.
- Dejar hervir y hasta obtener 65° brix adicionar y agregar la maicena (espesante) para que la leche valla obteniendo consistencia
- Dejar hervir un tiempo suficiente para eliminar el agua presente en la leche.
- En el proceso de evaporación de hacen mediciones continuas de temperaturas para determinar o alcanzar la consistencia deseada del producto que esta alrededor de 90°C.
- El producto se da por terminado cuando se realiza la prueba de caramelo en un vaso con agua si este ya no se diluye ha concluido el proceso de elaboracion de manajar.
- Obteniendo el producto deseado se apaga el equipo y se cierra la valvula de vapor. Continuamente abriendo la valvula de agua fria para realizar un shock termico de 90°C a 40°C para poder envasar el producto.
- Luego se procede a sacar el producto y envasarlo en tarrinas de ½ lb.

1.12. DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA FABRICACION DEL MANJAR



Fuente: Elaboración propia.

1.13. CONSIDERACIONES GENERALES DEL DISEÑO

Las propiedades de la alimentación son determinantes en la selección del evaporador a emplear. (Chaturvedi et al., 2020)

1.13.1. VISCOSIDAD

La elevada viscosidad de ciertos alimentos afecta la velocidad de circulación y los coeficientes de transferencia de calor. En el proceso de evaporación, el aumento de la concentración provoca este fenómeno.

1.13.2. FORMACIÓN DE ESPUMAS

Durante el proceso de vaporización, ciertos materiales, en particular sustancias orgánicas, tienen la capacidad de generar espuma. Esta espuma, al ser liberada junto con el vapor desde el evaporador, puede ser estable y provocar un arrastre significativo. En situaciones extremas, es posible que la totalidad del líquido sea arrastrada por el vapor.

1.13.3. FORMACIÓN DE COSTRAS

La formación de costras en las superficies de calentamiento puede disminuir el coeficiente global de transferencia de calor en algunas soluciones, lo que eventualmente requiere detener el evaporador para llevar a cabo la limpieza de los tubos. En casos en los que las costras son resistentes e insolubles, el proceso de limpieza puede resultar complicado y costoso.

1.13.4. SENSIBILIDAD DE CALOR

Para bajar la temperatura del líquido y reducir el tiempo necesario para calentar los componentes de diversos productos químicos, medicamentos y alimentos. La razón de esto es que estas sustancias son propensas a deteriorarse si se dejan expuestas a temperaturas moderadas durante un breve período. (Yang et al., 2019)

1.13.5. NATURALEZA DE CORROSIÓN

El hierro fundido o el acero son los materiales preferidos para los evaporadores, pero algunos líquidos pueden ser nocivos o contaminados. Por tanto, es necesario utilizar materiales especializados como cobre, níquel, acero inoxidable, aluminio, grafito y plomo.

Dado el alto costo de estos materiales, resulta sumamente seguro lograr altas tasas de transferencia de calor con el propósito de reducir el gasto inicial del dispositivo.

Para el diseño del equipo industrial se requiere contar con diversas consideraciones del líquido, incluido su calor específico de concentración, punto de congelación, el gas de la

ebullición y la necesidad de preservar las propiedades del líquido. Debido a estas consideraciones, se han desarrollado múltiples diseños de evaporadores. La selección de un evaporador para una aplicación específica está determinada principalmente por las características del líquido en cuestión.

1.13.6. PRESIÓN Y TEMPERATURA.

El punto de ebullición de una solución y la presión del sistema debe ser controlado adecuadamente, ya que a mayor presión, la temperatura de ebullición será más alta. Asimismo la elevación de la temperatura se ve afectada por la concentración del material disuelto a través del proceso de evaporación, conocido como elevación del punto de ebullición. Para evitar dañar materiales sensibles al calor, es común operar a presiones inferiores a 1 atmósfera, es decir, en condiciones de vacío.

1.13.7. CONCENTRACIÓN

Según Ocon y Tojo (1980), a medida que la concentración del líquido que se introduce en un evaporador aumenta, la solución adquiere un carácter más distintivo, a pesar de que inicialmente pueda ser similar al agua en sus propiedades físicas y estar suficientemente diluida.

La densidad y viscosidad de una solución pueden aumentar a medida que aumenta el volumen de sólidos, lo que puede impedir la transferencia de calor adecuada. Si una solución se satura, puede cristalizar y ser necesario retirarla para evitar la obstrucción de los tubos. El punto de burbuja de la leche puede ser mucho mayor que el del agua pura a la misma presión, y este fenómeno se correlaciona con un aumento del volumen sólido.

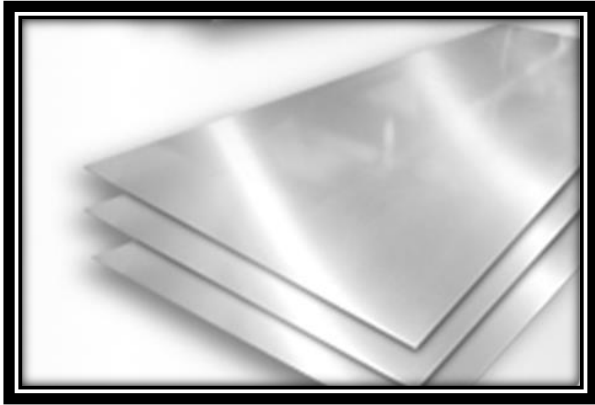
1.14. MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN

1.14.1. ACERO INOXIDABLE 304

La industria moderna ha adoptado el acero como materia prima fundamental en su proceso de fabricación. Su excepcional dureza, durabilidad y notable estabilidad lo convierten en un componente vital.

La naturaleza estéril del acero ha resultado en su posición privilegiada en los procesos productivos relacionados con ambientes estériles.

Gráfico 12 Acero Inoxidable.



Fuente: (Rodríguez, 2013)

El acero inoxidable grado 304 es el más empleado, especialmente en la industria de procesamiento de alimentos, donde se utiliza en la producción de leche, cerveza y vino. (Rodríguez, 2013)

El Acero Inoxidable destaca por sus excelentes propiedades mecánicas y su notable resistencia a la corrosión, lo que lo hace adecuado para aplicaciones tanto domésticas como industriales.

Las propiedades antimagnéticas del material en estado recocido aseguran que siga siendo flexible y no requiera endurecimiento durante el tratamiento térmico. El proceso de trabajo en frío también ayuda a mejorar su resistencia a la corrosión y al estrés. El producto se produce en un horno eléctrico y se usa en aplicaciones que requieren propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión.

Se emplea este material en la elaboración de instrumentos y dispositivos de medición para su cuidado de propiedades magnéticas, para la manipulación de ácidos acéticos, nítricos y cítricos, así como sustancias químicas orgánicas e inorgánicas destiladas, y en el proceso de purificación de aceites crudos. (Escobar & Santillán, 2011)

- La resistencia a la corrosión es un factor crucial por considerar en la selección de materiales para aplicaciones industriales.
- La resistencia del material en su condición recocida es sobresaliente, destacándose especialmente por su capacidad para soportar altas temperaturas. Los grados de acero al Cromo-Níquel pueden soportar temperaturas de hasta 875 °C (1600 °F) en condiciones de

servicio continuo. Es importante considerar su alto coeficiente de expansión al diseñar piezas con este material.

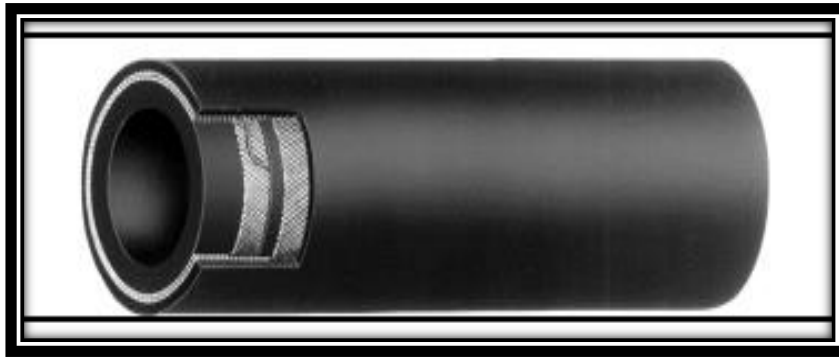
- La maquinabilidad es la capacidad de un material para ser trabajado con máquinas herramienta de manera eficiente y precisa. El rango de resistencia varía entre el 55% y el 60%, tomando como referencia el acero AISI 1213 como el 100%.
- La soldabilidad es un término utilizado en la metalurgia para referirse a la capacidad de un material de ser soldado mediante un proceso de soldadura. Es sencillo convertirse en soldado a través de procedimientos estándar, a excepción de la formación y entrenamiento físico riguroso.
- El proceso de recocido es fundamental en la industria metalúrgica para mejorar las propiedades mecánicas de los materiales.
- Para el tratamiento térmico de alivio de tensiones en materiales metálicos, se recomienda calentar la pieza a una temperatura comprendida entre 1040 y 1150 °C (1900 - 2100 °F) y luego proceder a un enfriamiento rápido.
- Para secciones grandes, se puede emplear agua, mientras que para secciones pequeñas es preferible utilizar aire. El proceso de alivio de tensiones se lleva a cabo a temperaturas que oscilan entre 205 y 400 °C (400 - 750 °F).

1.14.2. MANGUERAS DE VAPOR:

Las mangueras de vapor se usan en entornos industriales para transportar agua o vapor a altas temperaturas y presiones. En el mercado están disponibles en diferentes diámetros y materiales de fabricación. En las industrias alimentarias, hay una alta demanda de estas mangueras por la necesidad de transportar grandes cantidades de vapor generado, especialmente para operar con vapor saturado a presiones de 100 a 250 psi, para minimizar el calor perdido. Estas mangueras se diseñan con elementos que ofrecen resistencia al calor, lo que permite manipularlas de forma segura. (Morton, 2011)

Los distintos componentes de este conducto presentan una notable capacidad de resistencia al calor. La cubierta ha sido perforada para facilitar la filtración del vapor y prevenir la formación de burbujas que podrían estallar y ocasionar incidentes.

Gráfico 13 Manguera para vapor



Fuente: (Morton, 2011)

Se utiliza en los siguientes sectores industriales:

- Procesos químicos industriales
- Alimenticia
- Farmacéutica
- Maderera y Papelera
- Petróleo

1.14.3. TRAMPAS DE VAPOR

Desde la efectividad de cualquier equipo o sistema que emplee vapor se ve afectada por la habilidad de drenaje del condensado. Es fundamental disponer de trampas de vapor, dispositivos automáticos ideados para evacuar el condensado sin dejar escapar el vapor. Es fundamental que estas trampas de vapor sean automáticas y estén diseñadas correctamente. (SENER, 2007)

Las trampas de vapor desempeñan un papel fundamental en la mejora de los procesos industriales:

- Evacuar los condensados, asegurando que se cumplan las condiciones de presión y temperatura necesarias para el vapor durante las operaciones.
- Es importante extraer el aire y otros gases que no se condensan, ya que estos reducen la eficiencia de transferencia de calor. Hay que considerar que la presencia de oxígeno y dióxido de carbono puede ser corrosiva en presencia de condensación.

- Prevenir la fuga de vapor con alta energía y la pérdida de agua del sistema.

Existen tres tipos fundamentales de trampas de vapor, todos los cuales funcionan según el mismo principio básico:

- **Mecánica:** basado en la variación de la densidad.
- **Termostática:** diferencia de temperatura entre el vapor y el condensado
- **Termodinámica:** cambio de estado que sufre el condensado.

1.14.4. TRAMPA DE VAPOR DE BALDE INVERTIDO

El balde invertido tiene como característica distintiva de este diseño que es un mecanismo de palanca único que amplifica la presión del contenedor contra la presión de la trampa para abrir la válvula. Al estar el balde abierto en su parte inferior, se evita que sufra daños por el golpe de ariete. Asimismo, se han reforzado los puntos internos susceptibles de desgaste para prolongar su vida útil.

Gráfico 14 Trampa de Balde invertido.



Fuente: (SENER, 2007)

Las trampas de balde invertido presentan dos elementos móviles clave: el mecanismo de palancas que controla la válvula y balde. Esta característica elimina la presencia de soportes fijos o elementos complicados, evitando así posibles obstrucciones, bloqueos o interferencias en su funcionamiento. Las trampas de balde invertido operan mediante la diferencia de densidades entre el condensado y el vapor, lo que permite su apertura y cierre suave para minimizar el desgaste. Este mecanismo simple conlleva una menor degradación en comparación con otros tipos de trampas. De hecho, el sellado hermético de la trampa se mejora con el desgaste experimentado.

La válvula semiesférica y el asiento de la trampa tienen un espacio de contacto, favoreciendo el cierre completo. Esto se debe a que la válvula se hunde en su asiento, asegurando una mayor estanqueidad en la unión.

Principales características:

- La liberación de condensado es intermitente y puede utilizarse en condiciones de presión constante o casi constante.
- Durante la operación normal, no se presentan escapes de vapor.
- La trampa tiene una larga vida útil y la suciedad se acumula en su base, pudiendo ser eliminada fácilmente.
- Además, es altamente resistente a los golpes repentinos y puede adaptarse a pequeñas fluctuaciones en el flujo de condensado.

1.14.5. VALVULAS PARA VAPOR

Las válvulas de vapor son dispositivos utilizados para controlar el flujo de vapor en un sistema. Estas válvulas suelen presentar una estructura tubular con solapas que regulan la apertura del conducto. En caso de acumulación excesiva de vapor en un equipo, la solapa se abre para liberar parte de este vapor. Aunque existen diversos tipos de válvulas en el mercado, las válvulas manuales son las más comunes empleadas:

- Globo
- Bola
- Compuerta
- Mariposa.

1.14.6. VÁLVULA DE BOLA

Las válvulas de bola o esfera se caracterizan por su diseño simple y se usan para regular y controlar de forma ágil el flujo.

La válvula de bola es de las más utilizadas por su capacidad para regular fluidos en muchas aplicaciones. La palanca se utiliza normalmente para operar el mecanismo de liberación rápida de $\frac{1}{4}$ vueltas, lo que facilita su uso. Además, es más pequeña que las válvulas de compuerta.

El funcionamiento de la válvula se activa al girar el eje en la esfera, permitiendo que el líquido pase a través del orificio cuando la perforación se alinea con la válvula. Cuando está cerrado, el orificio se curva en ángulo recto con respecto a la entrada y la salida. Las válvulas de bola se emplean para regular el flujo de un fluido, permitiendo o bloqueando su paso de manera binaria (encendido-apagado). Si se mantiene parcialmente abierta, la presión del fluido puede ocasionar desgaste en los componentes de la válvula, lo que con el tiempo resultará en daños internos y posibles fugas.

Las válvulas de bola están disponibles en diferentes configuraciones, como extremos roscados, bridadas, soldadas a tope y soldadas a encaje, con opciones de 1, 2 o 3 piezas según los requisitos de operación y la rentabilidad. Los materiales predominantes en las válvulas de bola son el acero al carbono, el acero inoxidable y el bronce para el cuerpo, el acero al carbono y el acero inoxidable para la bola o esfera, y teflón para los asientos. La selección de otros materiales para los cuerpos, esferas y asientos de las válvulas depende de las condiciones operativas, como el tipo de fluido, la presión y la temperatura, con el fin de garantizar un funcionamiento óptimo y prevenir posibles fallos en su operatividad.

Gráfico 15 Válvula de bola de 2 cuerpos.



Fuente: (SENER, 2007)

Gráfico 16 Válvula de bola de 3 cuerpos.



Fuente: (SENER, 2007)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA VALVULA DE BOLA

❖ Ventajas

- Económicas.
- Mayor volumen.
- Flujo en paralelo.
- Sin filtraciones.
- Poco mantenimiento.
- Mejor limpieza.
- Sin lubricación.
- Buen tamaño.
- Cierre hermético.

❖ Desventajas

- Características deficientes para estrangulación.
- Alta torsión para accionarla.
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras.
- Propensa a la cavitación.

1.15. ECUACIONES BASICAS DE DISEÑO

1.15.1.VOLUMEN DEL EVAPORADOR

$$X = V * 0.15$$

Ec: 1

0.15 = factor de seguridad

V = Volumen operacional (m³)

1.15.2. CAPACIDAD TOTAL DEL EVAPORADOR

$$V = v + X$$

Ec: 2

v = volumen operacional del evaporador (m^3)

V = volumen total del evaporador (m^3)

1.15.3. ALTURA DEL EVAPORADOR

$$V = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

Ec: 3

V = volumen del evaporador (m^3)

r^2 = radio del cilindro (m^2)

1.15.4. RELACION PARA TANQUES VERTICALES

Para el diseño de tanque vertical se tiene el siguiente criterio de diseño relación altura – diámetro

$$D = \frac{H}{D} \rightarrow 1 \text{ a } 1.5$$

Ec: 4

D = diámetro del evaporador (m)

H = altura del evaporador (m)

1.15.5. SISTEMA DE AGITACIÓN.

El sistema de agitación está conformado por las paletas y el motor

$$L_{bp} \frac{1}{9} (\phi i)$$

Ec: 5

L_{bp} = longitud del brazo de la paleta (m)

(ϕi) = diámetro interno del evaporador (m)

$\frac{1}{9}$ = factor establecido

1.15.6. ALTURA DE LAS PALETAS DE AGITACION

$$H_p = (0.99) * (D) \quad \text{Ec: 6}$$

H_p = altura de las paletas (m)

(D) = diámetro interno del evaporador (m)

(0.99) = factor establecido

1.15.7. POTENCIA DEL MOTOR

Para el cálculo de la potencia del motor requerido calculamos la fuerza ejercida por la paleta hacia el producto.

❖ **Fuerza:**

$$F = (P * A)$$

$$F = (\gamma * g * h) * A \quad \text{Ec: 7}$$

F = fuerza (kg f)

γ = peso específico 1200 kg /m³ del manjar

g = gravedad específica 9.8 $\frac{m}{s^2}$

h = altura del evaporador (m)

A = área del fondo del recipiente que contiene el manjar (m)

❖ **Área:**

Ec: 8

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

A = área del fondo del recipiente que contiene el manjar (m)

D = diámetro interno del evaporador (m)

❖ **Torque:**

Ec: 9

$$T = F * r_D$$

T = torque (kgf/m)

r_D = radio en (m)

❖ **Potencia:**

Ec: 10

$$P = T * N$$

P= potencia del motor en (HP)

T= torque (kgf/m)

N = número de revoluciones rpm

1.16. BALANCE MASA

Para realizar el balance de materia al equipo es necesario las siguientes consideraciones técnicas:

❖ **MASA DE LA MASA DE LA LECHE**

Para llevar a cabo los cálculos de masa y energía, es fundamental contar con la cantidad de leche disponible. Por lo tanto, comenzaremos con la siguiente fórmula.:

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{Ec: 11}$$

$$m_{leche} = d * V$$

m_{leche} = masa de la leche (kg)

d= densidad (kg/m³)

m= masa (kg)

v= volumen (m³)

❖ **MASA DE ENTRADA**

La siguiente ecuación es la sumatoria de masa de entrada de todos los componente (leche, azucar,espesante.bicarbonato).

$$m_f = \sum Kg (m_{\text{leche}} + m_{\text{azúcar}} + m_{\text{pectina}} + m_{\text{bicarbonato}}) \quad \text{Ec: 13}$$

m_f = masa total de entrada (Kg)

m_{leche} = masa de leche (Kg)

$m_{\text{azúcar}}$ = masa de azúcar (Kg)

m_{pectina} = masa de pectina (Kg)

$m_{\text{bicarbonato}}$ = masa de bicarbonato (Kg)

❖ **CORRIENTE DE ENTRADA**

$$F = \frac{m_f (Kg)}{t(h)} \quad \text{Ec: 14}$$

F = corriente del alimento (Kg/h)

m_f = masa total de entrada (Kg)

t = tiempo de operación (h)

❖ **DENSIDAD DEL MANJAR**

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{Ec: 15}$$

d = densidad de la sustancia (kg/m³)

m = masa de la sustancia (kg)

v = volumen de la sustancia (m³)

❖ **CORRIENTE DE CONCENTRADO**

$$L = \frac{m_s (Kg)}{t(h)} \quad \text{Ec: 16}$$

L = corriente de concentrado (Kg/h)

m_s = masa total de concentrado (Kg)

t = tiempo de operación (h)

❖ **BALANCES PARCIAL O INDIVIDUAL**

$$F \cdot X_f = L \cdot X_l \quad \text{Ec: 17}$$

$$\left(\frac{\text{kg soluto}}{\text{kg alimento}} \right) (\text{kg alimento}) = \left(\frac{\text{Kg de soluto}}{\text{kg de solución concentrado}} \right)$$

❖ **FRACCIÓN PARCIAL O INDIVIDUAL EN LA ENTRADA**

$$x_{F \text{ leche}} = \frac{m_{\text{leche}}}{m_F} \quad \text{Ec: 18}$$

$x_{F \text{ leche}}$ = fracción molar del componente en la entrada (adimensional)

m_{leche} = masa de la leche (kg)

m_F = masa total de alimentación (Kg)

❖ **FRACCION PARCIAL O INDIVIDUAL EN LA SALIDA**

$$x_{L \text{ concentrado}} = \frac{F (x_F)}{L} \quad \text{Ec: 19}$$

x_L = fracción molar del componente en la salida (adimensional)

x_f = fracción molar del componente en la entrada (adimensional)

F = corriente de alimentación (Kg/h)

L = corriente de concentrado (Kg/h)

1.17. BALANCE DE MATERIA TOTAL

Mediante el equilibrio global de la masa, se determinan todos los movimientos de entrada y salida que experimenta el evaporador de efecto único:

$$F + S = L + V + S$$

$$F = L + V \quad \text{Ec: 20}$$

F = alimentación (Kg/h)

L= concentrado (Kg/h)

V = evaporado (Kg/h)

❖ **BALANCE PARCIAL DE ESTRACTO SECO**

$$F * x_F = L * x_L + \cancel{V * x_v}$$

$$F * x_F = L * x_L$$

$$x_{L \text{ Extracto seco}} = \frac{F * x_F}{L}$$

Ec: 21

$x_{L \text{ Extracto seco}}$ = fracción del extracto seco adimensional

F= alimentación (Kg/h)

x_F = fracción molar en la alimentación (adimensional)

L= concentrado (Kg/h)

1.18. BALANCE DE ENERGÍA EN FORMA DE ENTALPIAS.

Este balance nos servirá para calcular la cantidad de calor necesaria para pasar a la chaqueta.

❖ **CALOR LATENTE DE CONDENSACION**

Se las deduce a partir de las entalpías del vapor y del líquido condensado

$$\lambda_s = (H_c - H_s)$$

Ec: 22

λ_s = calor latente de condensación (kcal/kg)

H_c = entalpía del líquido condensado (kcal/kg)

H_s = entalpía de vapor en la cámara de calefacción (kcal/kg)

❖ FLUJO DE VAPOR

Deducimos del balance de masa con las respectivas entalpías hasta llegar al flujo de vapor

$$F + S = L + V + S + q_r$$

$$(F \cdot H_F) + (S \cdot H_S) = (L \cdot H_L) + (V \cdot H_V) + (S \cdot H_C) + q_r$$

$$(S \cdot H_S) - (S \cdot H_C) = (L \cdot H_L) + (V \cdot H_V) - (F \cdot H_F) + q_r$$

$$S (H_C - H_S) = (L \cdot H_L) + (V \cdot H_V) - (F \cdot H_F) + q_r \quad \nearrow 0$$

$$(H_C - H_S) = \lambda_s \text{ (calor latente de condensación)}$$

$$S = \frac{(L \cdot H_L) + (V \cdot H_V) - (F \cdot H_F)}{\lambda_s} \quad \text{Ec: 23}$$

F = corriente del alimento (Kg/hr)

L = corriente del concentrado (Kg/hr)

V = corriente del evaporado (Kg/hr)

H_F = entalpía del alimento (kcal/Kg)

H_V = entalpía del vapor evaporado (kcal/Kg)

H_L = entalpía del concentrado (kcal/Kg)

❖ FLUJO DE CALOR

$$Q = S \cdot \lambda_s$$

Ec: 24

$$\lambda_s = (H_C - H_S)$$

Q = flujo de calor

S = flujo de vapor (kg/hr)

H_C = entalpía del líquido condensado (kcal/kg)

H_S = entalpía de vapor (kcal/kg)

❖ GRADIENTE DE TEMPERATURA

La diferencia de temperatura entre la cámara de calefacción y la cámara de ebullición es un factor crucial en el proceso, ya que la temperatura de ebullición de la solución debe ser superior a la del solvente.

$$(\Delta T) = (T_s - T_v)$$

Ec: 25

ΔT = gradiente de temperatura

T_s = temperatura de saturación del vapor de agua que entra

T_v = temperatura de ebullición del evaporado

❖ AREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR

El área de transferencia de calor es donde se encuentra el vapor vivo

$$A = 2 * \pi * r * h$$

Ec: 26

A = área de transferencia de calor en (m²)

r = radio de la chaqueta (m)

h = altura de la chaqueta (m)

❖ TRANSMISION DE CALOR GLOBAL

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

$$U = \frac{Q}{A(\Delta T)}$$

Ec: 27

U = coeficiente global de transmisión de calor (Kcal/hr.m².°C)

Q = cantidad de calor intercambiado entre el vapor condensante y la solución que se está evaporando (kcal / hr)

A = área de transmisión de calor (m²)

ΔT = diferencia útil de temperatura entre el vapor condensado y el líquido hirviendo (°C)

❖ RENDIMIENTO DEL EVAPORADOR

El rendimiento del evaporador es un parámetro que nos ayuda a obtener la energía óptima aprovechada.

$$E = \frac{V}{S} * 100\% \quad \text{Ec: 28}$$

E = economía del evaporador

V = evaporado

S = vapor de calefacción

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

1.19. MATERIALES

❖ Materiales para la construcción de soporte y equipo:

MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIÓN	ESPESOR
Plancha inox 304	1	2.40 cm x 120 cm	2 mm
Tubo cuadrado inox 304	1	1 ½ x 1 ½	4 cm
tubo redondo inox	1	50 cm	20 mm
Varilla redonda inox	1	-----	12 mm

❖ Accesorios para la construcción del equipo:

MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIÓN
Bushing inox	1	½ a 1/8
Codos inox	2	½ pulg
T inox	2	½ pulg
Neplos inox	7	½ pulg
chumaceras de pared	2	½ pulg
Chumaceras de base	2	½ pulg
Poleas	2	2.5" y 5"
banda de caucho	1	-----

❖ Accesorios para el sistema eléctrico del equipo:

MATERIAL	CANTIDAD
Cajetín eléctrico, interruptor	1
Cable eléctrico	4 m
Enchufe	1
Rollos de teflón	2
Tubo Flex	50 cm

❖ **Accesorios para el sistema de vapor:**

MATERIAL	CANTIDAD	DIMENSIÓN
manguera para vapor con recubrimiento térmico y terminales	2 m	½"
válvulas de bola para vapor de 2 cuerpos	2	½"
válvula de bola para vapor de 3 cuerpos	1	½"
Trampa de vapor de balde invertido (spirex sarco)	1	
manómetro de vapor	1	100 psi

❖ **Equipos utilizados en el evaporador:**

EQUIPO	CANTIDAD	ESPECIFICACION
Motor	1	¼ hp V:(110/220) RPM: 1760
Caldera	1	30 hp
Brixometro	1	-----
termómetro	1	100 °C
Reductor de velocidad	1	RELACION 1:50
Calculadora	1	Fx -82 ES -CASIO

❖ **Insumos.**

MATERIA PRIMA	CANTIDAD
Leche entera	20 lt
Azúcar	10 lb
Bicarbonato de sodio	20 gr
Maicena	100 gr

1.20. METODOLOGÍA.

❖ Tipo de investigación:

El método de investigación del diseño y construcción del equipo será de tipo bibliográfico.

❖ Tipo de diseño:

Se aplicará el tipo de diseño cuasi experimental que nos permita el desarrollo y la validación del equipo manipulando una variable.

1.21. TIPO DE MUESTRA.

Para realizar éste trabajo de investigación, se receptaron 20 litros de leche entera que es la materia prima para procesar en el evaporador de simple efecto que se diseñará.

1.22. DISEÑO DE CONSTRUCCION

❖ Evaporador. -

la construcción del evaporador esta completamente construida en su totalidad de acero inoxidable AISI 304 de 2 mm de grosor previamente cortadas y soldadas, la soldadura electrica garantiza al equipo que no se produzca ninguna fuga tanto en la chaqueta por donde va a circular el vapor como el recipiente interno donde se almacena la leche , ademas cuenta con una entrada y salida de agua para el shock termico que se le aplica al producto terminado ,la capacidad máxima de trabajo del evaporador esta diseñada para 70 litros, ademas está sujeta a una estructura con soportes de chumaceras a cada extremo, en la parte trasera cuenta con una palanca de seguridad que le da estabilidad al equipo . Esta a su vez provoca el viraje manual del evaporador el cual nos facilita la descarga del producto obtenido. (Lin et al., 2020)

❖ Enchaquetadura .-

la enchaquetadura se la construyo del mismo material del evaporador puesto que ese tipo de acero es mas utilizado en el campo de la industria alimenticia ya que es muy resistente en el transporte de vapor.

Ademas en la chaqueta se encuentran conectadas las mangueras de vapor acopladas con terminales de acero inoxidable tanto en la parte superior por donde ingresa el medio

calefactor como en la parte inferior por donde se descarga el condensado que se genera dentro de la chaqueta y esta a su vez es drenado por la trampa de vapor que se le instala. (Casagrande et al., 2020)

❖ **Sistema de agitación. -**

La construcción del sistema de agitación fue construido y ensamblado con acero inoxidable para garantizar el producto. El sistema está integrado por las siguientes partes:

- El motor
- Reductor de Velocidad
- Juego de poleas
- El eje de transmisión
- Paletas de agitación

Las aspas de agitación son huecas y están colocadas en posición horizontales que fueron diseñadas así para que la corriente del líquido no sobrepase el nivel de operación del tanque. El sistema de agitación nos permite un grado de homogeneidad en la elevación de temperatura del producto, además es de fácil manipulación ya que está sistematizado con un interruptor que se le acopla al evaporador, para facilitar la operación. (Crane, 1976)

❖ **Mangueras de vapor y condensado**

Para el transporte de vapor, ya que por su interior son fibra térmica de vidrio y, en la parte exterior, están recubiertas con caucho para evitar pérdidas de calor de estas mangueras, muy flexibles, ya que pueden adaptarse a cualquier instalación.

❖ **Estructura de soporte del equipo**

Para esta parte es muy importante elegir el material ya que le va a dar estabilidad al equipo y deben ser materiales que garanticen su durabilidad. Por tal motivo se optó por acero inoxidable. El diseño rectangular horizontal que se le realizó nos permite mantener firmeza sobre la superficie a la hora de descargar el producto una vez que este terminado.

1.23. CÁLCULOS

❖ **Volumen del evaporador :**

$$X = V * 0.15$$

$$X = 40 \text{ lt} \times 0.15$$

$$X = 6 \text{ lt}$$

❖ **Volumen total del evaporador:**

$$V = v + X$$

$$V = (40 + 6)$$

$$V = 46 \text{ lt}$$

❖ **Cálculo de la altura del evaporador:**

El diámetro que se propone y se establece para el diseño es de 0.35m

$$V = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0.046 m^3}{\pi (0.175^2 m^2)}$$

$$h = 0.485 m = 0.50m$$

❖ **Calculo para el radio de la chaqueta**

Se propone y establece un diámetro de 0.405m

$$r = \frac{\phi_i}{2}$$

$$r = \frac{0.405 m}{2}$$

$$r = 0.2025 \text{ m}$$

❖ **Cálculo de la altura de la chaqueta**

$$V = \pi r^2 h$$

$$h = \frac{V}{\pi r^2}$$

$$h = \frac{0.050 \text{ m}^3}{\pi (0.2025^2 \text{ m}^2)}$$

$$h = 0.38 \text{ m}$$

❖ **Relacion para tanques verticales**

$$D = \frac{H}{D}$$

$$D = \frac{0.50 \text{ m}}{0.35 \text{ m}}$$

$$D = 1.42$$

Relación: 1 a 1,5

❖ **Longitud del brazo de la paleta de agitacion:**

$$L_{bp} = \frac{1}{9}(\phi i)$$

$$L_{bp} = \frac{1}{9}(0.175 \text{ m})$$

$$L_{bp} = 0.15 \text{ m} \text{ En cada brazo}$$

$$L_{bp} = 0.15 * 2$$

$$L_{bp} = 0.30 \text{ m}$$

❖ **Altura de las paletas de agitacion:**

$$H_{paleta \ 1} = (0.9) * (D)$$

$$H_{paleta \ 1} = (0.9) * (0.35 \text{ m})$$

$$H_{paleta\ 1} = 0.30\ m$$

$$H_{paleta\ 2} = (0.45) * (D)$$

$$H_{paleta\ 1} = (0.45) * (0.35m)$$

$$H_{paleta\ 1} = 0.15\ m$$

❖ **Potencia del motor**

• **área:**

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (0.35m)^2$$

$$A = 0.096\ m^2$$

• **Fuerza:**

$$F = (P * A)$$

$$F = (\gamma * g * h) * A$$

$$F = (1200 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 0.35\ m) * (0.096)$$

$$F = 395.136\ N \times \frac{0.1020\ Kg\ f}{1\ N}$$

$$F = 40\ kg\ f$$

Como la mezcla de los otros componentes del manjar es de 26.18 kg + 40 kg eso nos da un resultado de 66.18 Kgf que se está ejerciendo dentro del evaporador. Ese resultado lo dividimos para dos por las hélices de paletas que se tiene dentro: **66.18 Kgf / 2 = 33 Kg f**

• **Torque:**

$$T = F * r_D$$

$$T = 33\ kgf * (0.15m)$$

$$T = 4.5\ kgf. m$$

- **Potencia:**

$$P = T * N$$

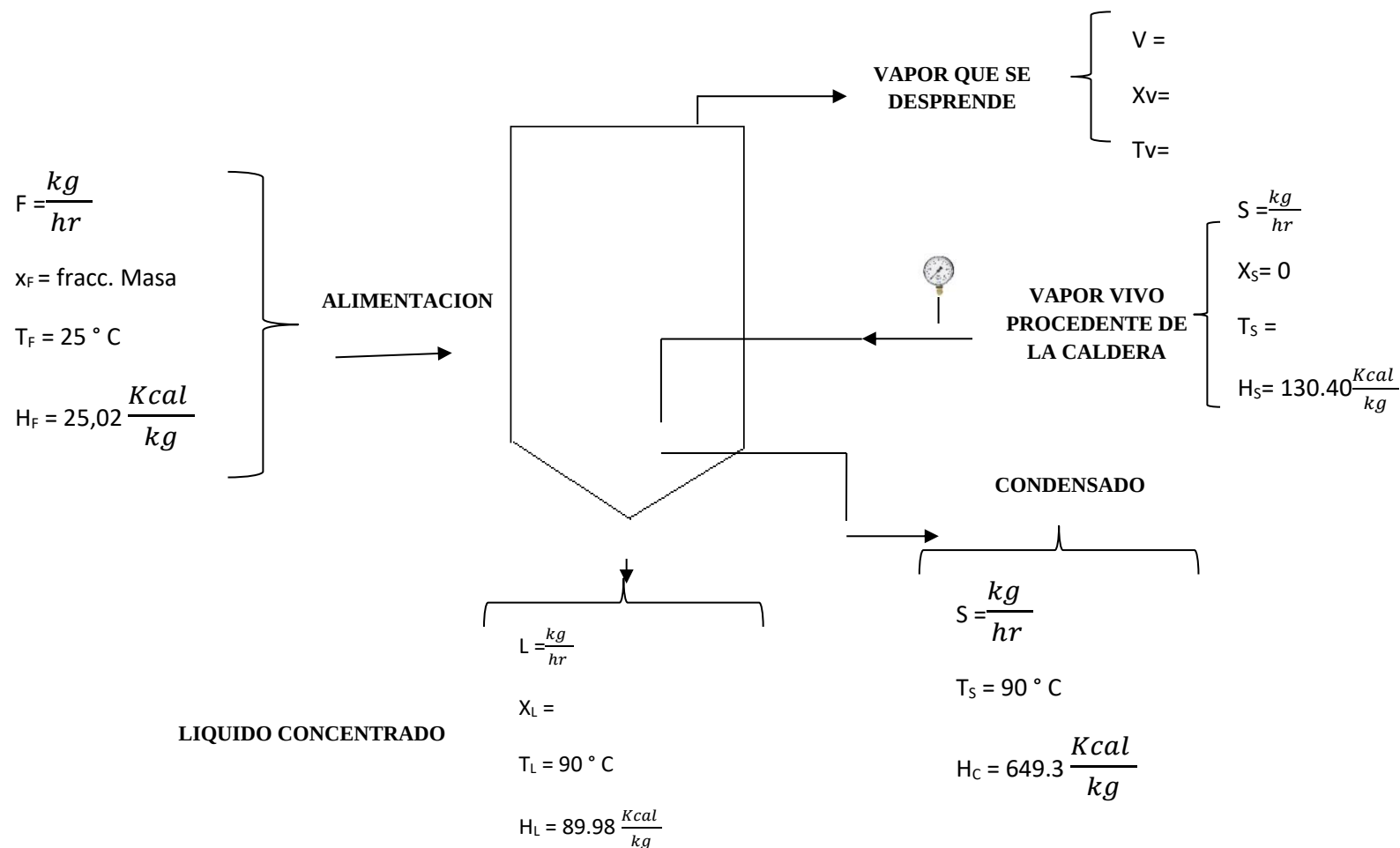
$$P = \frac{4.5 \text{ Kg m} * 60 \text{ rpm} * 2\pi}{60 \text{ s}}$$

$$P = 28.27 \frac{\text{kg m}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ HP}}{76.04 \frac{\text{kg m}}{\text{s}}}$$

$$P = 0.37 \text{ Hp} \longrightarrow \frac{1}{3} \text{ HP}$$

Con el resultado obtenido se decide trabajar con un motor de $\frac{1}{3} \text{ HP}$

- **DIAGRAMA SIMPLICADO DEL EVAPORADOR CON SUS VARIABLES DEL PROCESO**



BALANCE DE MATERIA

❖ Masa de leche: densidad de leche 1.0312

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

$$m_{leche} = d * V$$

$$m_{leche} = 1.0312 \frac{kg}{lt} * 20 lt$$

$$m_{leche} = 20.62 kg$$

❖ Cálculo de la Masa de entrada:

- El azúcar se añadió 1 lb por cada 2 litros de leche

$$1 lb. \longrightarrow 2 lt$$

$$x \longrightarrow 20 lt$$

$$x = 10 lb. * \frac{1 kg}{2.2 lb} = 4.54 kg$$

- El bicarbonato 1 gr por cada litro de leche

$$20 gr \longrightarrow 20 lt de leche$$

$$20 gr * \frac{1 kg}{1000 gr} = 0.02 kg \text{ de bicarbonato en 20 litros de leche}$$

- El espesante 500 gr por cada 10 litros de leche

$$1000 gr \longrightarrow 20 lt de leche$$

$$1000 gr * \frac{1 kg}{1000 gr} = 1 kg \text{ de espesante en 20 litros de leche}$$

$$m_f = \sum Kg (m_{leche} + m_{azúcar} + m_{pectina} + m_{bicarbonato})$$

$$m_f = (20.62 kg + 4.54 kg + 1 kg + 0.02 kg)$$

$$m_f = 26.18 Kg$$

❖ **Cálculo de la corriente de entrada:**

$$F = \frac{m_F (\dot{Kg})}{t(h)}$$

$$F = \frac{26.18 Kg}{4 h}$$

$$F = 6.54 \frac{Kg}{h}$$

❖ **Densidad del manjar:**

Se obtubieron 18 lbs de manjar :

$$\text{Masa del manjar } 18 \text{ lbs} * \frac{1 \text{ kg}}{2.2 \text{ lbs}} = 8.18 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen del manjar} = 6.75 \text{ lt}$$

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

$$d = \frac{8.18 \text{ kg}}{6.75 \text{ lt}}$$

$$d = 1.21 \frac{kg}{lt}$$

❖ **Cálculo de la Corriente de concentrado**

$$L = \frac{m_s (\dot{Kg})}{t(h)}$$

$$L = \frac{8.18 \dot{Kg}}{4h}$$

$$L = 2.045 \text{ kg /h}$$

❖ **Fracciones parcial en Xf en la alimentación**

$$x_{F_{leche}} = \frac{m_{leche}}{m_F}$$

$$x_{F_{leche}} = \frac{20.62 kg}{26.18 Kg}$$

$$x_{F_{\text{leche}}} = 0.78$$

De la misma manera calculamos las fracciones parciales del azúcar, espesante, bicarbonato con la misma fórmula.

$$x_{F_{\text{azúcar}}} = \frac{4.54 \text{ kg}}{26.18 \text{ kg}} = 0.17$$

$$x_{F_{\text{espesante}}} = \frac{1 \text{ kg}}{26.18 \text{ kg}} = 0.038$$

$$x_{F_{\text{bicarbonato}}} = \frac{0.02 \text{ kg}}{26.18 \text{ kg}} = 0.00076$$

La fracción parcial de la leche en la entrada es de 0.78 es decir 78%, pero cabe recalcar que por naturaleza la leche contiene en sí 87 % de agua. La cual se irá eliminando en el proceso de evaporación.

Obtendremos lo siguiente :

$$X_{\text{agua}} \longrightarrow 0.78 \times 0.87 = 0.68$$

$$X_{\text{extracto Seco}} \longrightarrow 0.78 \times 0.13 = 0.10$$

❖ Cálculo de las fracciones parciales en la salida

$$x_{L_1} = \frac{F (x_F)}{L}$$

$$x_{L_1} = \frac{6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (0.10)}{2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}}$$

$$x_{L_1} = 0.31$$

De igual manera aplicando la misma fórmula se obtiene las fracciones parciales de los demás componentes

$$x_{L_{\text{azúcar}}} = \frac{6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (0.17)}{2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}} = 0.54$$

$$x_{L_{\text{espesante}}} = \frac{6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (0.038)}{2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}} = 0.12$$

$$x_{L_{\text{bicarbonato}}} = \frac{6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} (0.00076)}{2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}} = 0.0024$$

❖ **Balance global de masa**

$$F = L + V$$

$$6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} = 2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} + V$$

$$V = 4.49 \text{ kg / h}$$

❖ **Balance parcial del extracto seco**

$$F * x_F = L * x_L + V * x_V$$

$$F * x_F = L * x_L$$

$$6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * (0.10) = 2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * x_L$$

$$x_L = 0.31$$

❖ **Balance parcial del agua**

$$F * x_F = L * x_L + V * x_V$$

$$(6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}) * (0.68) = (2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}) * (x_L) + 4.49 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$x_{L \text{ extracto seco}} = 0.020$$

❖ **Balance total de la leche**

$$F * x_F = L * x_L + V * x_V$$

$$(6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}) * (0.78) = (2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}) * (x_L) + 4.49 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

$$x_L = 0.29$$

Balance energía en forma de entalpías

❖ Calor latente de condensación:

Las entalpías se las lee en las tablas A-7 (propiedades termodinámicas del vapor de agua saturado) entrada por temperatura del libro Ocon Tojo a la temperatura de 130°C.

Temp = 130 °C (tabla A-7)

$$\lambda_s = (H_c - H_s)$$

$$\lambda_s = \left(649.3 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} - 130.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right)$$

$$\lambda_s = 518.9 \text{ Kcal / kg}$$

h'	h''
130.4	649.3

❖ Cálculo del flujo de vapor

tabla A-7 (propiedades termodinámicas del vapor de agua saturado) ocon tojo

Temperatura del alimento	25 °c	Hf = 25.02 $\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$
Temperatura del concentrado	90°c	HL = 89.98 $\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$
Temperatura del evaporado	95°c	Hv= 637.0 $\frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}$

$$S (H_c - H_s) = (L * H_L) + (V * H_v) - (F * H_F) + q_r$$

$$(H_c - H_s) = \lambda_s \text{ (calor latente de condensacion)}$$

$$S \cdot \lambda_s = (L * H_L) + (V * H_v) - (F * H_F) + q_r$$

$$(H_c - H_s) = \lambda_s \text{ (calor latente de condensacion)}$$

$$S = \frac{(L * H_L) + (V * H_v) - (F * H_F)}{\lambda_s}$$

$$S = \frac{\left(2.045 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 89.98 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right) + \left(4.49 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 637.0 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right) - \left(6.54 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} * 25.02 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}} \right)}{518.9 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg}}}$$

$$S = 5.55 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

❖ **Flujo de calor**

$$Q = S \cdot \lambda$$

$$Q = (5.55 \frac{Kg}{h}) (518.9 \frac{Kcal}{kg})$$

$$Q = 2879.89 \frac{Kcal}{h}$$

❖ **Gradiente de temperatura**

$$(\Delta T) = (T_s - T_v)$$

$$(\Delta T) = (130 - 90)$$

$$(\Delta T) = 40 \text{ } ^\circ \text{C}$$

❖ **Área de transferencia de calor**

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$$

$$A = 2(\pi) (0.20m)(0.38m)$$

$$A = 0.47 \text{ m}^2$$

❖ **Coefficiente global de transmisión de calor**

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

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

$$U = \frac{2879.89 \frac{Kcal}{h}}{0.47m^2 \cdot 40 \text{ } ^\circ C}$$

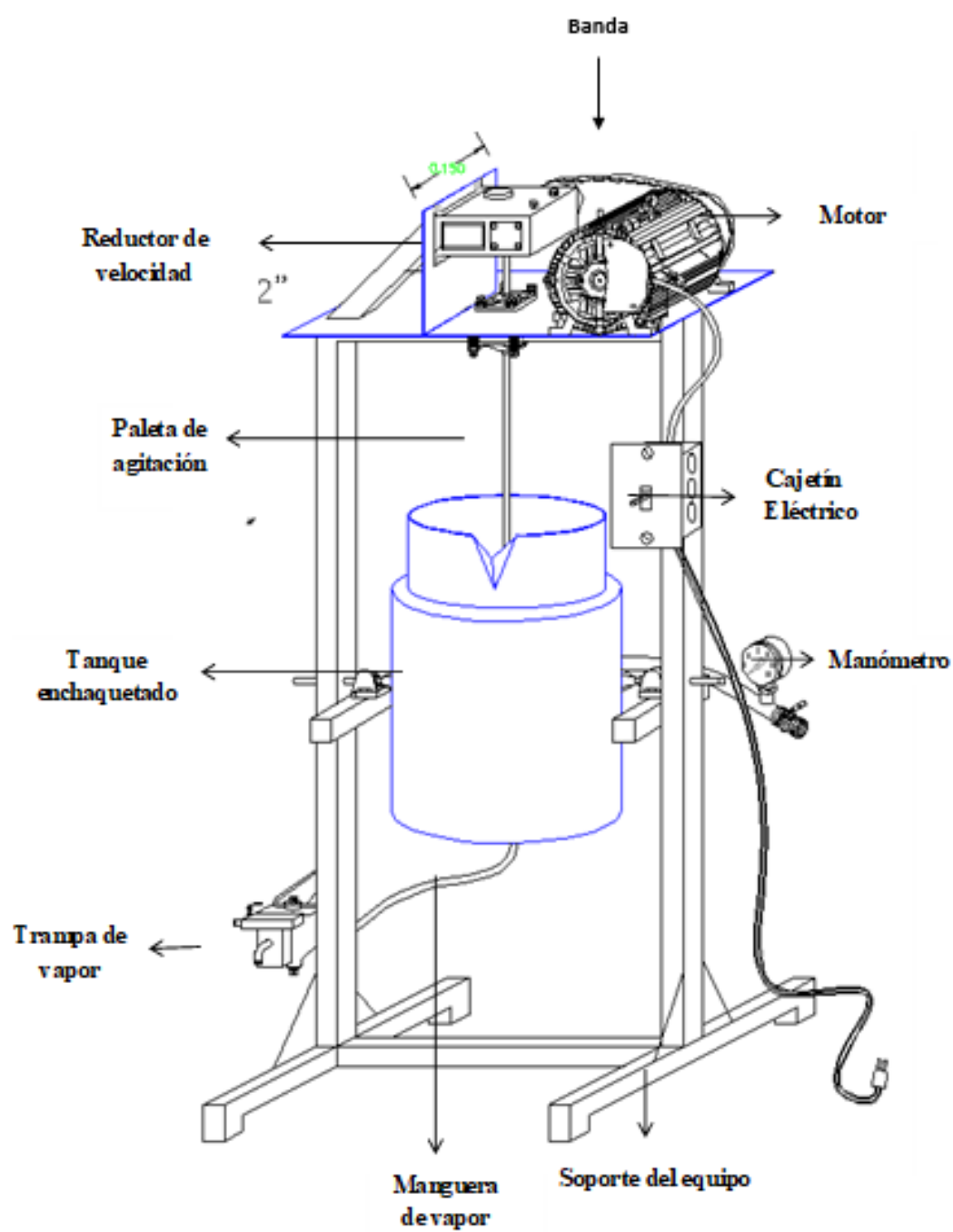
$$U = 153.18 \frac{Kcal}{hm^2 \text{ } ^\circ C}$$

❖ **Economía del evaporador**

$$E = \frac{V}{S} \cdot 100\%$$

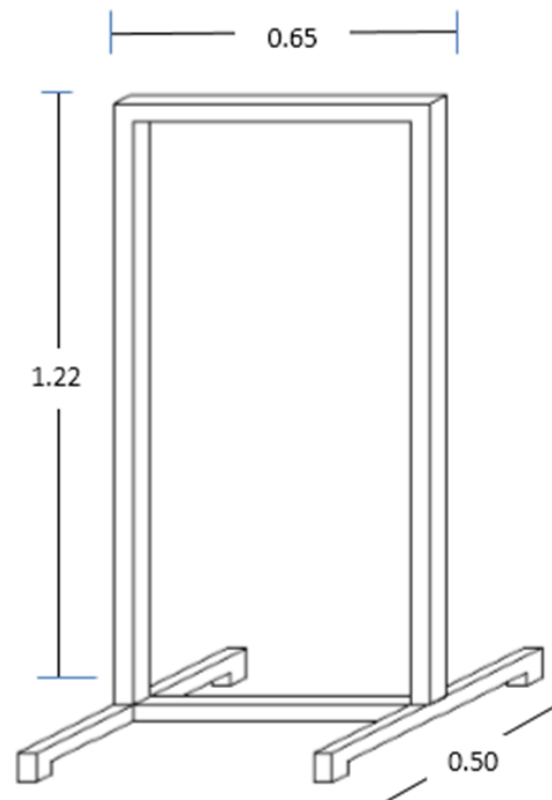
$$E = \frac{4.49 \frac{Kg}{h}}{5.55 \frac{Kg}{h}} \cdot 100\% \longrightarrow E = 80 \%$$

1.24. DISEÑO DEL EVAPORADOR

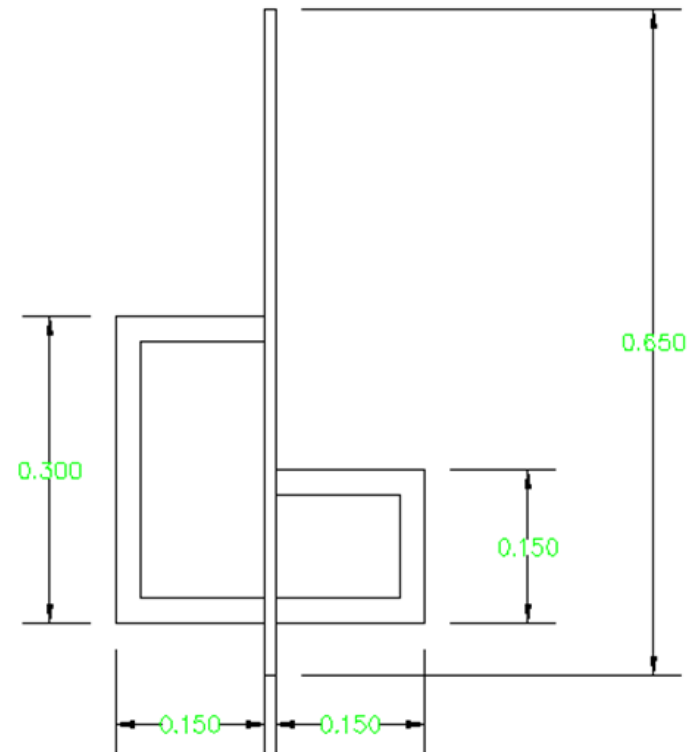


DISEÑO DEL EQUIPO

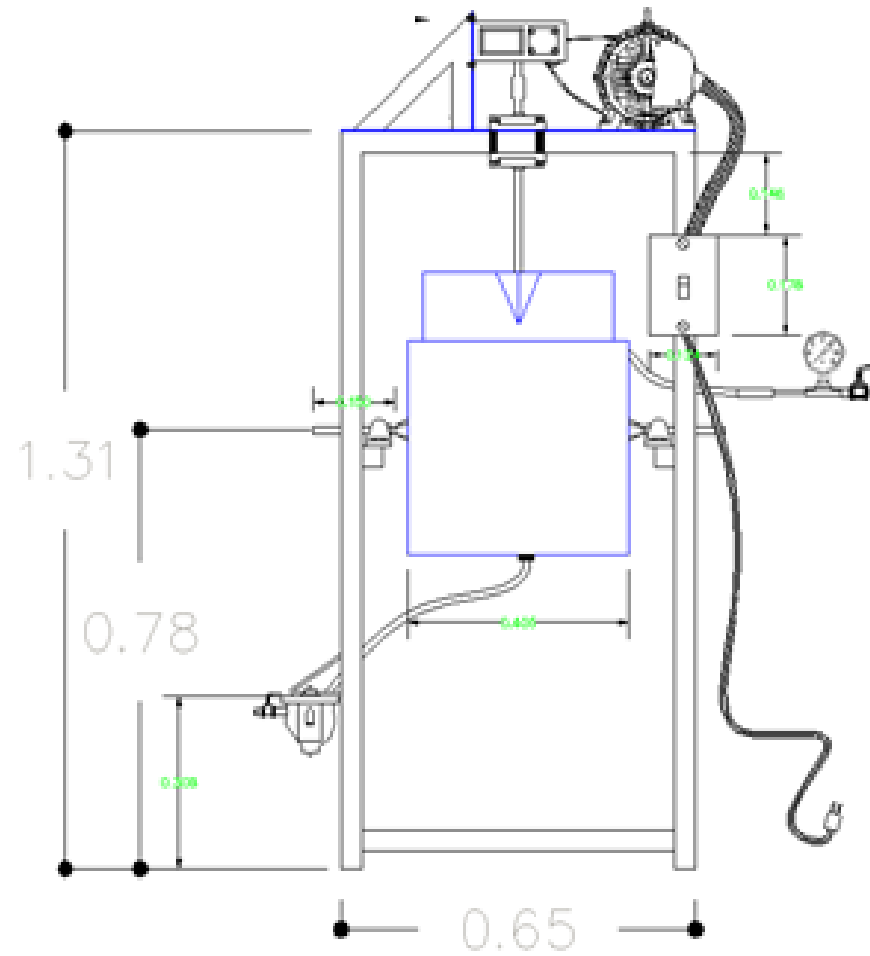
PALETAS DEL EQUIPO



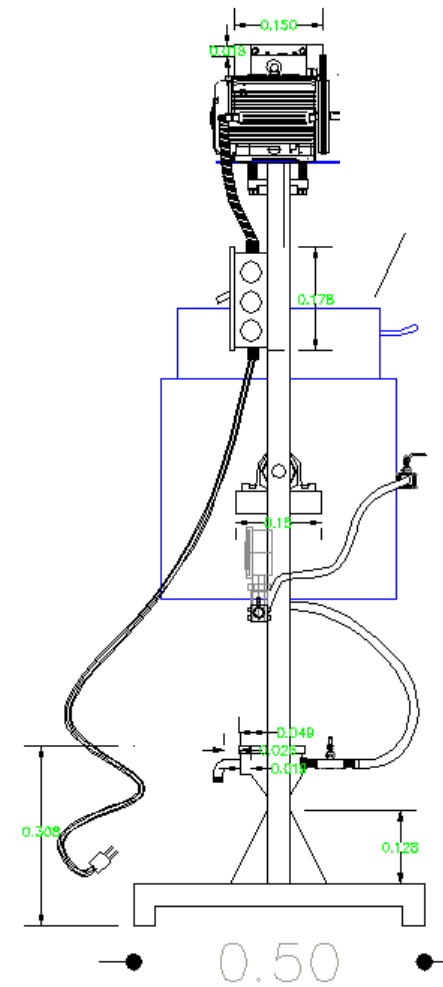
SOPORTE DEL EQUIPO



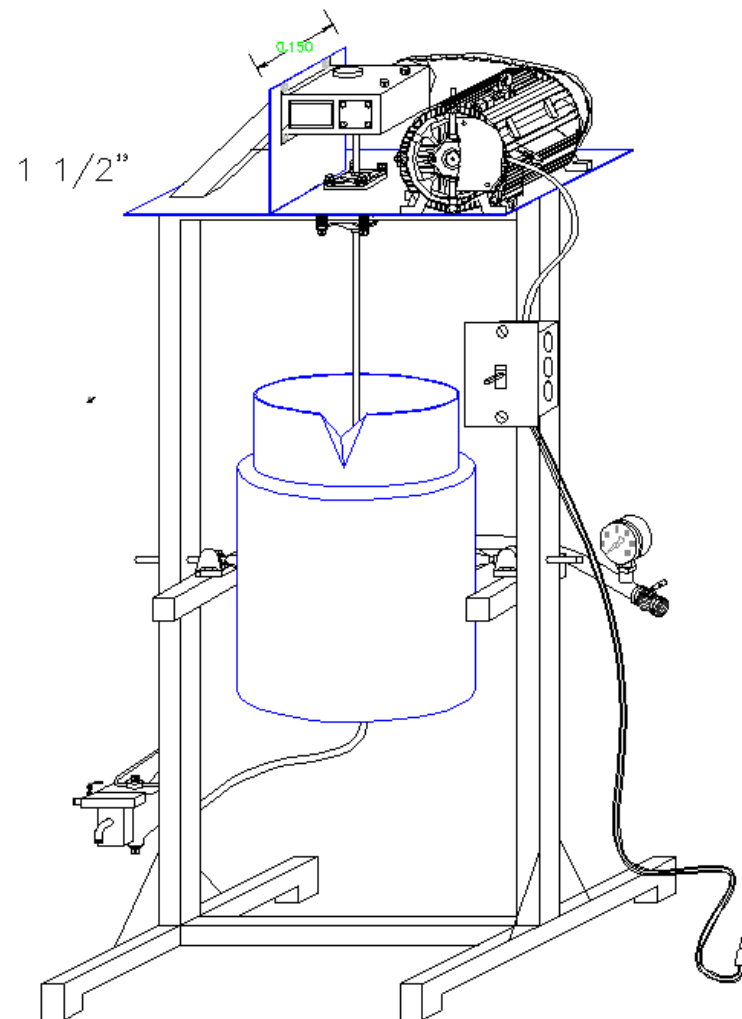
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



PERSPECTIVA DEL EQUIPO



1.25. MANUAL DE OPERACIÓN

a) ENSAMBLAJE DEL EQUIPO:

Una vez construido el evaporador con todas sus partes y accesorios correspondientes se procede a ensamblarlo de la siguiente manera:

- Colocar la chaqueta en la parte exterior del recipiente de manera que quede uno dentro del otro, para ser soldadas de manera autógena.
- Seguidamente se acopla el evaporador al soporte, este se sostendrá en cada extremo con las chumaceras las cuales se asegurarán con pernos de acero inoxidable.
- Se instala el sistema de agitación, en la parte superior del soporte donde se realizó un puente vertical para ajustar con pernos al motor que está unido con el reductor de velocidad, para poder reducir las revoluciones mediante las poleas y la banda que previamente se ajustó.
- Luego se ajustan las paletas a la altura adecuada dentro del evaporador.
- Después se ajustará el sistema eléctrico para el funcionamiento correcto del motor con el reductor de velocidad.
- Una vez ensamblado las partes complementarias del equipo se procede a conectar las tuberías. Tanto para el vapor, el condensado y el agua para shock térmico en la parte trasera superior del equipo así mismo la trampa de vapor y las válvulas de desfogue que van a ir colocadas en la parte inferior. Con sus debidos acoples.
- Conectar la manguera de vapor precedida por el manómetro y una válvula controladora de vapor. Esta manguera va a estar ajustada con una unión universal a una ramificación que viene desde la caldera hacia el equipo.
- Ensamblado el evaporador está listo para encenderlo y realizar la práctica pertinente.

b) OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO:

Una vez que esta ensamblado el equipo se procede a ponerlo en funcionamiento de la siguiente manera:

- Se enciende la caldera 30 minutos antes para disponer de energía al momento de abrir la llave de vapor.
- Comprobar que las llaves de paso de vapor de la línea principal estén disponibles.

- Se limpia el equipo desde el fondo para evitar que tenga algún tipo de suciedad que pueda malograr el producto alimenticio.
- Se homogeniza la materia prima para luego pasarla por un tamiz con el fin de retener partículas de impureza.
- Seguidamente se alimenta el equipo con la materia prima (leche) previamente neutralizado con bicarbonato de sodio 1 gr por cada litro en este caso sería 20 gr por 20 lt de leche.
- El sistema de agitación se activa una vez transferida la materia prima al evaporador.
- La llave que administra el vapor procedente de la caldera se abre para suministrar medio calefactor a la camisa.
- Lleve un registro de las lecturas del termómetro y del manómetro, ya que cualquier lectura de presión se puede gestionar abriendo o cerrando la válvula de vapor en un proceso paso a paso.
- Cuando la leche ha alcanzado los 70°C y la presión de vapor dentro de la chaqueta marca 10 PSI se procede a apagar el caldero ya que por encima de este valor empieza a intervenir la trampa de vapor liberando el condensado que se genera dentro de la enchaquetadura.
- Cuando el termómetro marca los 70°C se añade la azúcar.
- Transcurrido cierto tiempo y se ha evaporado cierta cantidad de agua el Brixometro marca aproximadamente 65 °Brix se añade el espesante (maicena)
- El manjar se obtendrá cuando al realizar la prueba de caramelo esta ya no se diluya en el agua. Por lo general esto se obtiene a la temperatura de 90°C y el tiempo máximo de 4 horas, aunque algunas veces puede variar.
- Una vez obtenido el manjar, se apaga el equipo y se cierra las válvulas de vapor que alimenta la chaqueta y se abre la válvula para ingresar agua y realizar el shock térmico el cual consiste en enfriar el producto de 90°C a 35°C.
- Cuando el producto alcanzado 35°C en un tiempo de 10 minutos se procede a su descarga, abriendo la válvula de ajuste que se encuentra en la parte posterior del equipo para realizar el viraje del recipiente y poder envasarlo y pesarlo.
- Finalizado el proceso se realiza la limpieza del equipo con agua a presión para que no quede ningún residuo viscoso.

c) MANTENIMIENTO

Para un adecuado funcionamiento y mantenimiento del equipo es necesario considerar varios aspectos que pueden prevenir cualquier tipo de accidente o simplemente un mal funcionamiento:

- Es importante que, tras cada operación de trabajo, se limpie el equipo, ya sea con vapor o agua a presión, para que así se remuevan residuos o suciedad.
- Se debe considerar además el uso constante del equipo, ya que si no se usa regularmente se pueden presentar daños por la inactividad del equipo.
- Es de vital importancia chequear todas las conexiones de tuberías de vapor y agua, los acoples las válvulas y la trampa de vapor, antes de iniciar una nueva operación.
- Además, chequear el sistema eléctrico y las partes mecánicas del equipo. Pueda que alguna parte se halla dañado.

CAPITULO III

CAPITULO III

RESULTADOS

❖ DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO:

$V_{\text{evaporador}} (\text{m}^3)$	$h_{\text{evaporador v}} (\text{m})$	$V_{\text{chaqueta}} (\text{m}^3)$	$h_{\text{chaqueta}} (\text{m})$
0.046	0.50	0.048	0.38

❖ DIMENSIONAMIENTO DE LA PALETA DE AGITACIÓN

PALETAS DE AGITACIÓN 0.65 m largo	PALETA GRANDE			PALETA PEQUEÑA		
	Altura (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Altura (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)
	0.30	0.15	4	0.15	0.15	4

❖ DIMENSIONAMIENTO DEL SOPORTE

SOPORTE DEL EQUIPO	Altura (m)	Ancho (m)	Espesor (mm)	Largo de base(m)
	1.24	0.65	2	0.50

❖ MATERIA PRIMA

$V_{\text{LECHE}} (\text{m}^3)$	$m_{\text{Azúcar}} (\text{kg})$	$m_{\text{bicarbonato}} (\text{kg})$	$m_{\text{espesante}} (\text{kg})$
0.02	4.54	0.02	1

❖ TEMPERATURAS DE PROCESO

Temperatura Entrada (°C)	Temperatura concentración (°C)	Temperatura Evaporada (°C)	Temperatura Salida (°C)
25	90	95	40

❖ RESULTADOS OBTENIDOS

$Q = \frac{Kcal}{hr}$	$A = m^2$	$U = \frac{Kcal}{hm^2 k}$	E %
2879.89	0.47	153.18	80

1.26. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Analizando los resultados que se obtuvieron en el diseño y construcción del evaporador podemos decir que se cumplió con los objetivos planteamos.

- El equipo operó en perfectas condiciones, no se tuvieron problemas de ninguna índole ya que es un equipo seguro pero sobre todo fácil de operar.
- El material de construcción de 2 mm de espesor soporto el flujo de vapor que se inyectó a la chaqueta del equipo con La debida soldadura autógena con que se soldó pues no hubo fugas de vapor en recipiente externo que es la chaqueta.
- Los 70 rpm que genero el motor y se emplearon en sistema de agitación son las precisas ya que se mantuvo siempre una agitación constante y homogénea tanto al inicio como al final del proceso.
- Se controló las temperaturas de ebullición, al inicio se mantuvieron constantes a 70° C conforme pasaba el tiempo la temperatura ascendió a 90°C pasando a la fase de concentrado.
- La presión se mantuvo en un rango de 5 Psi.
- El evaporador obtuvo una eficiencia del 80 %, ya que hay que tener en cuenta que se producen algunas perdidas de calor hacia el exterior del equipo,

- Mantener una agitación constante en el producto lo que permitió la mayor evaporación de 4.49 Kg/hr de agua que se encuentra en la materia prima.



CAPÍTULO IV



CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- El equipo se instaló con todas las consideraciones bibliográficas con un volumen total de 46 lt, su volumen operacional debe ser menor al total para evitar reboses.
- Se trabajó con 5 Psi de presión que se registró en el manómetro y se la controló con las válvulas de vapor.
- El alimento ingreso con una temperatura de 25 ° C, en la etapa de concentración alcanzo los 90°C y con temperatura de salida mediante shock térmico alcanzo los 40° C.
- El equipo es adecuado para realizar las prácticas en laboratorio a pequeña escala. Donde se puede realizar algunos procesos como néctares, leches evaporadas, concentrados etc.
- La eficiencia del equipo ha permitido realizar algunas pruebas de validación para comprobar su rendimiento y evaluar el diseño
- Las pérdidas de calor que se presentaron en el equipo son mínimas.
- Se obtuvo el producto con las características deseadas en un tiempo de 4 horas, aunque algunas veces el tiempo puede variar.
- Se con obtuvo 18 lb de manjar empleando 20 litros de leche.

RECOMENDACIONES

- Revisar el equipo previo a su funcionamiento como conexión de tubería, motor; energía eléctrica evitará molestias al realizar alguna práctica y permitirá que el equipo funcione bien.
- El medio calefactor que se inyecta al evaporador debe ser manejado y controlado adecuadamente con manómetros. Se recomienda controlar la válvula de paso de vapor debidamente ya que un excesivo flujo de vapor podría hacer explotar el evaporador.
- Se debe controlar y manipular con un termómetro la temperatura del alimento para evitar que se aumente exageradamente y provoque un rebose llegándose a regar.
- Debe controlarse el alimento durante sus primeros minutos de proceso ya que debe alcanzar la temperatura adecuada para no malograr el producto que se obtendrá.
- Al procesar algún alimento debe hacerse con las estrictas condiciones de higienes y seguridad necesarias, para obtener un producto con las características deseadas.
- El volumen que se debe utilizar debe ser menor al volumen total del evaporador para evitar reboses a la hora de proceso.
- La manipulación del alimento a la hora de envasar se la debe realizar con las debidas condiciones de asepsia
- Concluido el proceso se debe realizar la limpieza respectiva al equipo para poder evitar que quede algunas suciedades que provoque su rápido deterioro y así poder garantizar su mantenimiento, para un adecuado funcionamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcazar, V. (2005). *Leche y derivados lácteos. Alimentación y Nutrición. Manual teórico práctico*. Diaz Santos.
- Ballesteros, M. A., Daza, M. A., Valdés, J. P., Ratkovich, N., & Reyes, L. H. (2019). Applying PBL methodologies to the chemical engineering courses: Unit operations and modeling and simulation, using a joint course project. *Education for Chemical Engineers*, 27, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.01.005>
- Bo, D., Yang, K., Xie, Q., He, C., Zhang, B., Chen, Q., Qi, Z., Ren, J., & Pan, M. (2019). A Novel Approach for Detailed Modeling and Optimization To Improve Energy Saving in Multiple Effect Evaporator Systems. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 58(16), 6613-6625. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.9b00449>
- Brown, G. (1965). *Operaciones Básicas de la Ingeniería Química*. Editorial Marín .
- Casagrande, D., Cortella, G., Krajewski, W., Miani, S., & Viaro, U. (2020). Investigation on the fractional nature of a refrigeration evaporator. *Applied Thermal Engineering*, 179, 115626. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115626>
- Chaturvedi, T., Torres, A. I., Stephanopoulos, G., Thomsen, M. H., & Schmidt, J. E. (2020). Developing Process Designs for Biorefineries—Definitions, Categories, and Unit Operations. *Energies*, 13(6), 1493. <https://doi.org/10.3390/en13061493>
- Crane. (1976). *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. Mc Graw Hill.
- Escobar, S., & Santillán, O. (2011). *diseño y construcción de un evaporador de simple efecto con serpentín horizontal para la obtención de arequipe*.
- Foust, A., Wenzel, L., & Clump, C. (1984). *Principios de Operaciones Unitarias*. CECSA.
- Garcia, E. (2009). *OPERACIONES BASICAS MANUAL DEL AULA* . EDICION EDITORIAL UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.
- Geankoplis, C. (1967). *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. Compañía editorial Continental.

- Han, D., Chen, J., Zhou, T., & Si, Z. (2021). Experimental investigation of a batched mechanical vapor recompression evaporation system. *Applied Thermal Engineering*, 192, 116940. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116940>
- Himmelblau, D. (1971). *Principios y Cálculos Básicos de la Ingeniería Química*. Compañía editorial Continental.
- Kern, D. (1975). *Procesos de Transferencia de Calor*. Compañía editorial Continental.
- Kourkouta Lambrini, Frantzana Aikaterini, Koukourikos Konstantinos, Iliadis Christos, Papathanasiou V. Ioanna, & Tsaloglidou Areti. (2020). Milk Nutritional Composition and Its Role in Human Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(1). <https://doi.org/10.17265/2328-2150/2021.01.002>
- Li, J., & Wang, C. (2020). An Evaporation Correction Approach and Its Characteristics. *Journal of Hydrometeorology*, 21(3), 519-532. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-18-0211.1>
- Lin, C.-Y., Lee, W.-S., Teng, T.-P., & Lee, D.-S. (2020). Design and application of evaporative cooler for a freezer. *Applied Thermal Engineering*, 178, 115411. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115411>
- Magariños, H. (2000). *PRODUCCIÓN HIGIENICA DE LA LECHE CRUDA*. http://www.science.oas.org/oea_gtz/LIBROS/LA_LECHE/leche_all.pdf.
- McCABE, & SMITH. (1973). *Operaciones básicas de Ingeniería Química*. REVERTE.
- Meng, Q. (2023). Application of Digital Design Technology in the Design of Intelligent Mechanical Equipment. *Computer-Aided Design and Applications*, 199-214. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2024.199-214>
- Mohan, M. S., O'Callaghan, T. F., Kelly, P., & Hogan, S. A. (2021). Milk fat: opportunities, challenges and innovation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(14), 2411-2443. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1778631>

- Moran, S. (2019). How to design and select unit operations. En *An Applied Guide to Process and Plant Design* (pp. 195-199). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814860-0.00013-6>
- Morton, C. (2011). *Mangueras Morton*. http://manguerasmorton.com/vmchk/Mangueras-para-vapor/Para-Vapor-a-Presion-y-Temperatura-Media-11W/flypage_images.tpl.html.
- Ocon, P., & Tojo, J. (1980). *Problemas de Ingeniería Química*. Aguilar.
- Ostrove, S. (2019). Equipment design considerations. En *Equipment Qualification in the Pharmaceutical Industry* (pp. 25-33). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817568-2.00004-X>
- Perry, J. (1995). *Manual del Ingeniero Químico*. Mc Graw Hill.
- Rodriguez, J. (2013). *EQUIPOS DE ACERO INOXIDABLE PARA EL PROCESO DE FRUTAS Y VEGETALES. INOXIDABLES*. <http://inoxidablesmt.blogspot.com/2013/11/equipos-de-acero-inoxidable-para-el.html>.
- SENATI. (2009). *ELABORACIÓN DE MANJAR, DOCUMENTO DE CONSULTA*. <http://www.senati.edu.pe>.
- SENER. (2007). *Tipos de trampa de vapor* . http://www.cnpml.org.sv/UCATEE/ee/docs/trampas_de_vapor_1_1.pdf.
- Tangyu, M., Muller, J., Bolten, C. J., & Wittmann, C. (2019). Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(23-24), 9263-9275. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10175-9>
- Toppi, T., Villa, T., Vasta, S., Mittelbach, W., & Freni, A. (2022). Testing of a Falling-Film Evaporator for Adsorption Chillers. *Energies*, 15(5), 1709. <https://doi.org/10.3390/en15051709>
- Treybal, R. (1988). *Operaciones de Transferencia de Masa*. Mc Graw Hill.

Yang, Y., Cui, G., & Lan, C. Q. (2019). Developments in evaporative cooling and enhanced evaporative cooling - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113, 109230. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.037>

Zang, D., Tarafdar, S., Tarasevich, Y. Yu., Dutta Choudhury, M., & Dutta, T. (2019). Evaporation of a Droplet: From physics to applications. *Physics Reports*, 804, 1-56. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2019.01.008>

Zunino, A. (2009). *DULCE DE LECHE, ASPECTOS BÁSICOS PARA SU ADECUADA ELABORACIÓN*.

ANEXOS

ANEXOS



Ilustración 1 Corte de plancha de acero inoxidable.



Ilustración 2 Cilindros soldados



Ilustración 3 Acoplamiento de los cilindros

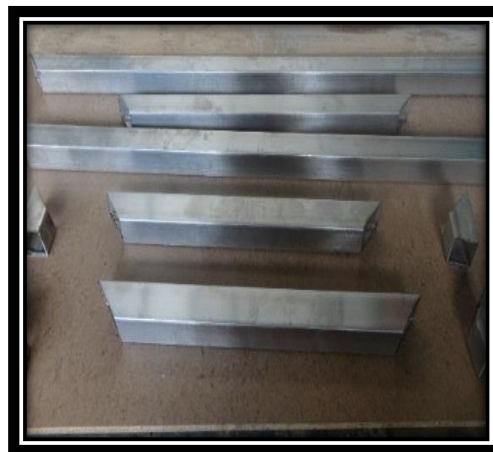


Ilustración 4 Tubo de acero INOX cortados para la construcción de soporte



Ilustración 5 Soporte del equipo



Ilustración 6 Paleta de agitación



Ilustración 7 Motorreductor de velocidad, pernos.



Ilustración 8 Trampa de vapor



Ilustración 9 Acoplamiento de las partes del equipo

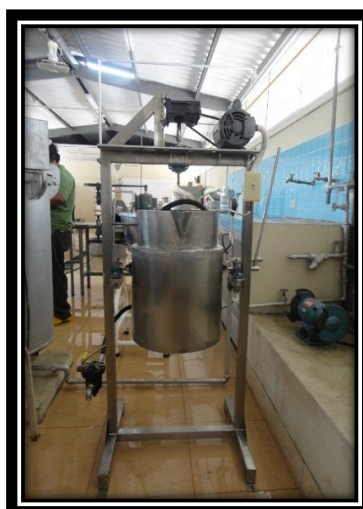


Ilustración 10 Equipo instalado en la planta de lácteos



Ilustración 11 Alimentación al equipo con leche

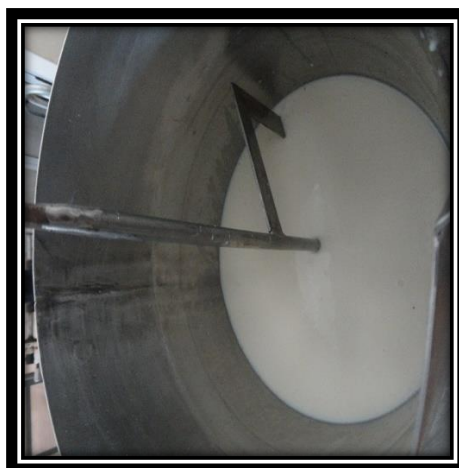


Ilustración 12 Materia prima (leche)



Ilustración 13 Medición de grados Brix.



Ilustración 14 Adición del espesante.

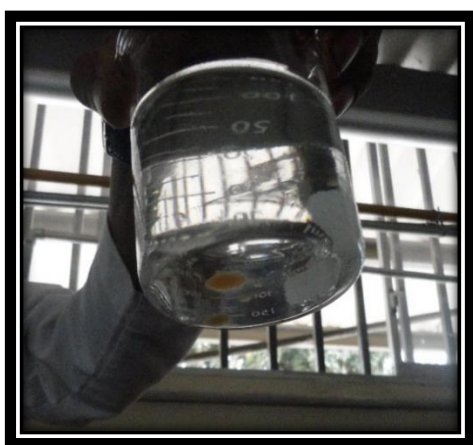


Ilustración 15 Prueba de caramelo al manjar.



Ilustración 16 Culminación del proceso.



Ilustración 17 Productos terminado.



Ilustración 18 Limpieza de equipo.

Julio 2024 - CID - Centro de Investigación y Desarrollo
Copyright © - CID - Centro de Investigación y Desarrollo
Copyright del texto © 2024 de Autores
Formato: PDF
Tamaño: A4 210 x 297 mm
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acceso: World Wide Web
biblioteca.ciencialatina.org
editorial@ciencialatina.org
Atención por WhatsApp al +52 22 2690 3834

