

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una línea de producción de queso tipo mozzarella a partir
de leche de búfala para una industria láctea de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por María Fernanda Toledo
Barrera para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería Química

Guatemala
2012

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una línea de producción de queso tipo mozzarella a partir
de leche de búfala para una industria láctea de Guatemala

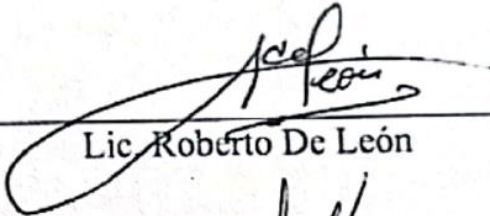
Trabajo de graduación presentado por María Fernanda Toledo
Barrera para optar al grado académico de Licenciada en
Ingeniería Química

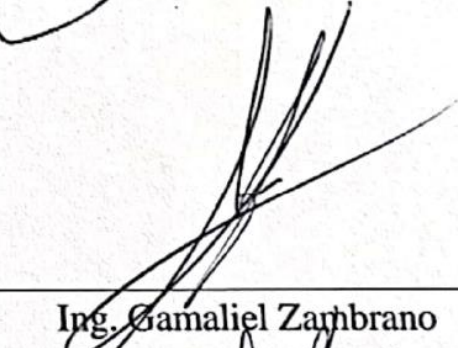
Guatemala
2012

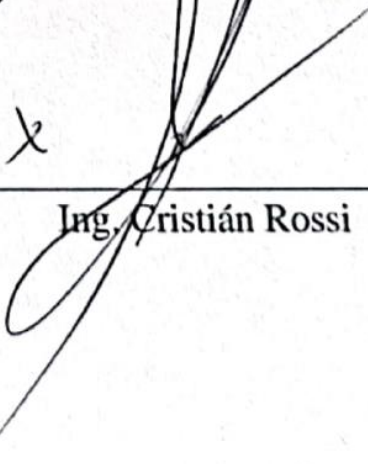
Vo. Bo.:

(f)  Ing. Cristián Rossi

Tribunal

(f)  Lic. Roberto De León

(f)  Ing. Gamaliel Zambrano

(f)  Ing. Cristián Rossi

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de Enero de 2012.

Dedicatoria

A Dios

A mis padres,

Mario Eli Toledo Coronado
Aura Adelina Barrera de Toledo

A mi hermano,

Mario Roberto Toledo Barrera

A mis familiares y amigos

PREFACIO

El proyecto se generó a partir de la necesidad de diseñar una línea de producción semi-industrial, para una industria láctea guatemalteca, dedicada a producir quesos de forma artesanal. Se buscaba cumplir con las normativas guatemaltecas para alimentos y abrirse un espacio en el mercado con un producto de alta calidad, que permite satisfacer las necesidades y requisitos de los clientes con la oportunidad de promoverlo como un producto hecho en Guatemala, para guatemaltecos. Actualmente, la producción de queso tipo mozzarella se realiza en una planta situada en Sipacate, Escuintla.

Al inicio, surge la inquietud acerca del mejoramiento de la fórmula y del proceso de producción para tener un mejor rendimiento. Así mismo, la producción del producto es sumamente rentable y tiene una alta demanda en el mercado con aproximadamente 2 millones de kilogramos anuales según el Ministerio de Economía de Guatemala. En la industria láctea a realizar el proceso se tiene acceso a la materia prima para la producción del queso mozzarella, lo cual genera una disminución de costos respecto al precio que se compraría en el mercado guatemalteco. Utilizando estos recursos y considerando una oportunidad de crecimiento, se busca tener una buena ganancia y una alta rentabilidad.

La primera parte del proyecto consistió en modificar la formulación ya establecida por la empresa para poder mejorar el rendimiento, el sabor, la textura y la estabilidad del producto. Se trabajó utilizando la principal materia prima de la industria, leche de búfala, y se cotizaron nuevas materias primas para la mejora del queso mozzarella. Así mismo, se realizaron análisis de la materia prima utilizada para determinar las propiedades más importantes de la misma y con base en esto, establecer los parámetros en los cuales se iba a estar trabajando y si estos debían ser modificados o no.

La siguiente etapa consistió en diseñar y seleccionar la materia prima y el equipo a utilizar durante el proceso y para la línea de producción, de acuerdo a la capacidad y las necesidades de la empresa conforme al posicionamiento que esta tenga dentro del mercado guatemalteco. Se tomó en cuenta que ya se cuenta con un laboratorio y servicios auxiliares que se usan para la producción de queso mozzarella y otros procesos dentro de la planta. En la industria ya se cuenta con una caldera pirotubular, un banco de hielo, una marmita de acero inoxidable y una refrigeradora. Así mismo, se debe fabricar una cuba, un tanque de hilado y un tanque de salmuera, así como comprar dos bombas centrífugas y una empacadora al vacío. Se cuenta con un área de 20.25m² para la línea de producción, sin tomar en cuenta los servicios auxiliares ya posicionados dentro de la empresa. Esta área es suficiente para la propia instalación de los equipos y su acomodamiento. Se contó con el apoyo del personal de la planta con el fin de tener una información más completa y así poder determinar las necesidades más importantes.

Por último, se realizó un análisis económico para determinar la viabilidad y rentabilidad de la línea producción en base a los cambios a realizar. Para esto, se tomó en cuenta los costos de equipo, materia prima, empaque, servicios auxiliares, energía eléctrica y salarios del personal.

Así mismo, aprovecho este espacio para agradecer a las personas que me brindaron su apoyo:

A Dios, por ponerme en el camino correcto, darme tantas bendiciones y ser un apoyo totalmente incondicional en mi vida. A mis padres, por ser un ejemplo de vida, de amor y de apoyo, por enseñarme a levantar me cada vez que uno cae y guiarme a lo largo de mis años, por ser amigos, comprensivos, pacientes y tolerantes. A mi hermano, por ser mi ejemplo a seguir, estar siempre a mi lado, ser mi mejor amigo, mi consuelo y mi ayuda en los momentos difíciles, por tenerme paciencia y estar siempre pendiente de mí. A mis familiares, por su cariño y su apoyo. A mis mejores amigos, por siempre darme ánimos, por comprender y ser tolerantes por la falta de tiempo, por su constante apoyo, cariño, orgullo, admiración y por creer en mí. Al Ingeniero Cristian Rossi, por su asesoría en este trabajo de graduación, por ir más allá de lo pedido, por siempre querer que de un extra y explotar mi potencial al máximo. Al Ingeniero Gamaliel Zambrano, por sus consejos, su paciencia, su apoyo y sus constantes lecciones de vida que me ayudan a formarme como persona y como ingeniera. Al Ingeniero Alejandro Köng, por todo su apoyo, paciencia, ayuda, su asesoría, amistad y por creer en mí a lo largo de este proyecto y estos años en la universidad. Por último, a la Ingeniera Jessica Cordero, por su disponibilidad y ayuda a lo largo de la elaboración de este trabajo de graduación.

ÍNDICE

PREFACIO.....	i
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
A. Materia prima: Leche de búfala	3
B. Quesos.....	4
C. Etapas de la fabricación de quesos.....	4
D. Tipos de queso	8
E. Queso mozzarella.....	9
F. Buenas prácticas de manufactura para alimentos.....	10
G. Norma HACCP	12
H. Equipo de la línea de producción.....	13
I. Materias primas.....	16
J. Materiales de construcción.....	17
K. Servicios auxiliares	17
L. Material de empaque.....	18
M. Situación actual de la línea de producción	18
III. JUSTIFICACIÓN.....	20
IV. OBJETIVOS.....	22
A. Objetivo general.....	22
B. Objetivos específicos	22
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	23
A. Problema a resolver.....	23
VI. METODOLOGÍA.....	24
A. Diseño de una línea de producción de queso tipo mozzarella.....	24
B. Cronograma de actividades	24
VII. RESULTADOS	25
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	32
IX. CONCLUSIONES.....	37
X. RECOMENDACIONES	39
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	41
XII. APÉNDICE	43
A. Diagramas del proceso.....	43
B. Equipo de la línea de producción	47

C.	Descripción del producto	55
D.	Especificaciones del agua a utilizar (agua potable, COGUANOR 29 001:99)	55
E.	Especificaciones de materia prima para el producto	56
F.	Especificaciones de tuberías para la línea de producción	57
G.	Datos experimentales	58
H.	Análisis económico	59
I.	Cálculo de muestra.....	68
XIII.	GLOSARIO.....	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro No. 1: Especificaciones de materia prima para el proceso de queso mozzarella modificado	16
Cuadro No. 2: Cronograma para el diseño una línea de producción de queso tipo mozzarella.....	24
Cuadro No. 3: Características del queso mozzarella a producir	25
Cuadro No. 4: Análisis de leche de búfala	25
Cuadro No. 5: Cantidad y especificaciones del equipo de la línea de producción de queso tipo mozzarella ...	26
Cuadro No. 6: Dimensiones y capacidad del equipo diseñado de la línea de producción	27
Cuadro No. 7: Análisis económico del proceso de queso tipo mozzarella	31
Cuadro No. 8: Análisis de sensibilidad del proceso de queso tipo mozzarella.....	31
Cuadro No. 9: Diagrama de actividades y tiempos de la línea de producción de queso mozzarella según simbología ASME.....	46
Cuadro No. 10: Especificaciones marmita	47
Cuadro No. 11: Especificaciones cuba	48
Cuadro No. 12: Especificaciones tanque de hilado	51
Cuadro No. 13: Especificaciones tanque de salmuera	52
Cuadro No. 14: Especificaciones empacadora al vacío.....	54
Cuadro No. 15: Especificaciones refrigerador.....	54
Cuadro No. 16: Especificaciones bombas del proceso	55
Cuadro No. 17: Características del queso mozzarella producido	55
Cuadro No. 18: Características sensoriales, Límite Máximo Aceptable (LMA) y Límite Máximo Permisible (LMP) que debe tener el agua potable	55
Cuadro No. 19: Sustancias químicas con su correspondiente Límite Máximo Aceptable y Límite Máximo Permisible (LMP).....	56
Cuadro No. 20: Materia prima utilizada por cada 0.001m ³ de leche	56
Cuadro No. 21: Información de la tubería para la marmita	57
Cuadro No. 22: Información de la tubería para la cuba.....	57
Cuadro No. 23: Información de la tubería para el tanque de hilado	57
Cuadro No. 24: Información de la tubería para el tanque de salmuera.....	58
Cuadro No. 25: Análisis de grasa, sólidos no solubles, agua y proteína en la leche de búfala	58
Cuadro No. 26: Comportamiento del pH de la cuajada respecto al tiempo	58
Cuadro No. 27: Prestaciones laborales	59
Cuadro No. 28: Costo de personal.....	60
Cuadro No. 29: Prestaciones laborales del personal.....	60
Cuadro No. 30: Costos de equipo.....	60
Cuadro No. 31: Porcentaje de costo con base en el equipo	61

Cuadro No. 32: Índice Marshall	61
Cuadro No. 33: Costo equipo diseñado	61
Cuadro No. 34: Depreciación de equipo (Método SMARC).....	61
Cuadro No. 35: Consumo y costo de energía eléctrica.....	62
Cuadro No. 36: Costo de combustible (diesel).....	62
Cuadro No. 37: Costo anual de servicios auxiliares (energía eléctrica y combustible)	63
Cuadro No. 38: Producción por lote	63
Cuadro No. 39: Costo de materia prima por lote.....	63
Cuadro No. 40: Costo anual de materia prima	64
Cuadro No. 41: Ventas anuales	64
Cuadro No. 42: Porcentajes para flujo de caja	64
Cuadro No. 43: Flujo de caja.....	65
Cuadro No. 44: Periodo de recuperación del capital	66
Cuadro No. 45: Costo unitario anual.....	66
Cuadro No. 46: Punto de equilibrio anual	66
Cuadro No. 47: Análisis de sensibilidad	67

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1: Etapas de la fabricación de quesos	4
Figura No. 2: Proceso del queso tipo mozzarella	10
Figura No. 3: Diagrama de flujo del proceso sugerido para queso tipo mozzarella	28
Figura No. 4: Diagrama de bloques del balance de masa del proceso de queso tipo mozzarella	29
Figura No. 5: Diagrama de bloques del balance de energía del proceso de queso tipo mozzarella.....	30
Figura No. 6: Línea de producción de queso mozzarella	43
Figura No. 7: Diagrama de operaciones unitarias en la línea de producción de queso mozzarella	44
Figura No. 8: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de queso mozzarella	45
Figura No. 9: Vista frontal marmita	47
Figura No. 10: Vista aérea marmita.....	48
Figura No. 11: Vista frontal por dentro de chaqueta cuba.....	49
Figura No. 12: Vista frontal cuba	49
Figura No. 13: Vista lateral cuba.....	50
Figura No. 14: Vista aérea cuba	50
Figura No. 15: Vista frontal tanque hilado	51
Figura No. 16: Vista lateral tanque hilado.....	51
Figura No. 17: Vista aérea tanque hilado	52
Figura No. 18: Vista frontal tanque salmuera.....	53
Figura No. 19: Vista lateral tanque salmuera	53
Figura No. 20: Vista aérea tanque salmuera.....	54
Figura No. 21: Comportamiento del pH de la cuajada respecto al tiempo	59
Figura No. 22: Balance de masa marmita.....	72
Figura No. 23: Balance de masa cuba	72
Figura No. 24: Balance de masa tanque de hilado.....	73
Figura No. 25: Balance de masa tanque de salmuera	73

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una línea de producción de queso tipo mozzarella, tratado con salmuera, para una industria guatemalteca de lácteos. Se hizo un análisis preliminar del queso que se fabrica actualmente, así como del proceso artesanal y equipo utilizado. Se hicieron las variaciones necesarias a la formulación y proceso. Se diseñó la línea utilizando las normas emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la norma HACCP y las normas emitidas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Se diseñó y seleccionó el equipo adecuado para la fabricación del producto y mantener la inocuidad del producto y una alta calidad, que permite satisfacer las necesidades y requisitos de los clientes. Así mismo, se realizó un estudio económico para determinar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

Como resultados del proyecto se obtuvo: un nuevo proceso para el queso tipo mozzarella, el diseño y dimensionamiento de los equipos no existentes en la empresa, tales como la cuba, el tanque de hilado y tanque de salmuera. La selección del equipo a comprar: empacadora al vacío, bombas centrífugas y las condiciones de uso de los demás equipos. Y por último, el análisis económico del proyecto con tasa interna de retorno, valor actual neto y período de recuperación de capital.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to design a production line of mozzarella cheese in brine, for a Guatemalan dairy industry. There was a preliminary analysis of the cheese that is currently manufactured and handmade process and equipment used. Necessary changes were made to the design and process. Line was designed using standards issued by the World Health Organization (WHO) Good Manufacturing Practices (GMP), HACCP standard and regulations issued by the Guatemalan Standards Commission (COGUANOR). Suitable equipment was designed and selected for the manufacture of the product and maintain product safety and high quality, which meets the needs and requirements of customers. Also, an economic study was conducted to determine the profitability and viability of the project.

As project results were obtained: a new process for the mozzarella cheese, the design and sizing of the equipment does not exist in the company, such as Cuba, spinning tank and brine tank. Equipment selection to buy: vacuum packing, centrifugal pumps and the conditions of use of the other teams. And finally, the economic analysis of project, with internal rate of return, net present value and payback period.

I. INTRODUCCIÓN

La fabricación de los productos lácteos debería ser llevada a cabo en plantas bajo las más estrictas normas de control de calidad, teniendo en cuenta que el producto final, será un producto de consumo humano. Dentro de la clasificación de los lácteos, están los quesos, de los cuales existen una amplia gama de variedades que se diferencian por su composición, proceso de fabricación, maduración y sabor. Entre algunas de las clasificaciones de los quesos se pueden mencionar los quesos curados, cremosos, verdes o azules y los frescos. Entre los quesos frescos, se encuentra el queso mozzarella.

El queso tipo mozzarella es un tipo de queso fresco cuyo desarrollo es originario de Italia. La receta original de este se basa en el uso de leche de búfala en la producción del mismo, debido al contenido de grasa y proteína que esta contiene, dando una relación grasa/proteína característica.

Cuando se construye una planta de producción de alimentos, se deben considerar varios aspectos para poder garantizar la calidad e inocuidad de estos, ya que se trata de productos que estarán en contacto directo con el ser humano y por lo tanto, afectarán su salud. De acuerdo a esto, el diseño de una planta de producción de queso tipo mozzarella debe seguir las normas regidas por las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en las diferentes industrias que requieran un control adecuado sobre su proceso para evitar la contaminación y así mismo, realizar un proceso eficiente. Así mismo, es importante que la línea de producción cumpla con la Norma HACCP para poder asegurar que los alimentos han sido analizados de acuerdo a su proceso y los posibles peligros que pueden presentarse. Con esto es importante poder establecer puntos de control críticos para evitar que los clientes reciban productos alimenticios no seguros.

En Guatemala, existe una oportunidad de mercado para los productos lácteos, tales como el queso tipo mozzarella, ya que la mayoría de los quesos de este tipo o similares son traídos del extranjero, por lo que el precio es más alto. Nacionalmente, el queso tipo mozzarella es fabricado con leche de vaca, por lo cual sería oportuno introducir el queso a base de leche de búfala, teniendo disponibilidad de esta dentro de la industria láctea, ya que se cuenta con una finca donde se crían búfalos en el área de Sipacate, Escuintla, donde también se encuentra actualmente la producción del queso. Así mismo, la calidad del producto sería mejor con leche de búfala como materia prima debido a la proporción proteína/grasa que esta posee y por la cual se caracteriza. Esto genera una apertura para la industria láctea guatemalteca, para poder introducir un producto y así mismo, comercializarlo más adelante.

En el presente trabajo, se diseña una línea de producción semi-industrial de queso tipo mozzarella a partir de leche de búfala, para una industria láctea guatemalteca, dedicada a producir quesos de forma artesanal. Se

busca cumplir con las normativas guatemaltecas para alimentos y abrirse un espacio en el mercado con un producto de alta calidad, que permite satisfacer las necesidades y requisitos de los clientes.

Con la realización del proyecto, se pudo obtener un nuevo proceso para el queso tipo mozzarella, el diseño y dimensionamiento de los equipos no existentes en la empresa, tales como la cuba, el tanque de hilado y tanque de salmuera. La selección del equipo a comprar: empacadora al vacío, bombas centrífugas y las condiciones de uso de los demás equipos. Y por último, el análisis económico del proyecto con tasa interna de retorno, valor actual neto y período de recuperación de capital.

Para facilitar la comprensión del trabajo, este se encuentra dividido de la siguiente forma: un resumen, en el cual se presentan los resultados generales. El índice muestra la numeración de cada parte del trabajo para que se tenga una mejor ubicación de los temas de interés. Un listado de figuras y otro de cuadros, para ubicarlos fácilmente. El marco teórico es una revisión bibliográfica en la cual se muestran los fundamentos teóricos. Los objetivos generales y, la metodología y cronograma donde se explica los pasos que se llevaron a cabo para poder realizar el trabajo. En la sección de resultados se muestran los valores finales obtenidos a partir de los cálculos y el tratamiento de los datos obtenidos a partir de los análisis realizados. En la discusión se analizan, comparan e interpretan los resultados obtenidos. En las conclusiones se enlistan los resultados más significativos de la práctica. En el apartado de recomendaciones se presentan observaciones para la mejora del funcionamiento de la línea de producción. Se listan los textos y fuentes consultadas para poder elaborar el marco teórico y experimentación en la bibliografía.

El apéndice está compuesto por el procedimiento que se llevó a cabo, los datos experimentales, originales e intermedios que se recopilaron para obtener los resultados. Así mismo, se presentan las especificaciones de los equipos junto a sus respectivos planos, los cálculos de muestra que se realizaron para obtener los resultados y diseños de los equipos.

II. MARCO TEÓRICO

A. Materia prima: Leche de búfala

De acuerdo con la receta original del queso tipo mozzarella, este es producido a partir de leche de búfala.

1. Composición

La leche se define como el producto íntegro de la secreción mamaria normal de la búfala, sin adición ni sustracción alguna, obtenida mediante ordeño. La composición de la misma se puede agrupar de la siguiente forma:

- Agua (86 a 90%)
- Grasa (2.5 a 9%)
- Proteína (4 a 8%)
- Carbohidratos (4 a 7%)
- Minerales y vitaminas

(Jiménez, 1986. Pág. 10)

a. Calidad

La leche de búfala contiene aproximadamente el doble de grasa que la leche de vaca, ya que normalmente la leche de vaca presenta 3.5% de grasa, mientras que la leche de búfala presenta un 7.5% aproximadamente. Estos porcentajes pueden variar dependiendo de las condiciones del desarrollo, la época del año, la alimentación que se les brinda y la etapa de lactación.

(Veisseyre, 1990. Pág. 646)

La leche de búfala es muy rica en extracto seco, proteínas y sales minerales, su contenido netamente importante en fosfatos y extractos confieren a la leche un elevado poder de regulación de pH que frena el aumento de la acidez. Esta leche solo contiene residuos de caroteno, esto a causa de que el proceso de conversión de caroteno a vitamina A es muy eficiente en la búfala.

(Veisseyre, 1990. Pág. 646)

b. Características organolépticas

Las características organolépticas que presenta la leche de búfala son: coloración blanca aporcelanada, sabor dulce ligeramente azucarado, untuoso, frecuentemente aromático, sin ningún olor particular y desagradable. Así mismo, esta también es nutricionalmente y organolépticamente adecuada para el consumo humano.

(Cockrill, 1989. Pág.340)

B. Quesos

Los quesos constituyen una forma ancestral de conservación de las proteínas y de la materia grasa, así como de una parte del calcio y del fósforo, cuyas cualidades nutritivas y organolépticas son apreciadas por el hombre en casi todas las regiones del mundo.

(Mahaut, 2003. Pág. 23)

Dependiendo de la naturaleza de la leche y la tecnología que se utilice, existen distintos tipos de quesos. El término “queso” está reservado al producto, fermentado o no, afinado o no, obtenido a partir de las siguientes materias de origen exclusivamente lácteo: leche, leche parcialmente o totalmente desnatada, nata, materia grasa, suero de leche, utilizadas solas o mezcladas y coaguladas totalmente o en parte antes del desuerado o tras la eliminación parcial de la parte acuosa.

(Mahaut, 2003. Pág. 23)

C. Etapas de la fabricación de quesos

La fabricación de quesos comprende 5 grandes etapas:

Figura No. 1: Etapas de la fabricación de quesos



(Mahaut, 2003. Pág. 23)

1. Estandarización y pasteurización

La calidad de la leche de quesería puede definirse como la aptitud para producir un buen queso en condiciones normales de trabajo con un rendimiento satisfactorio. Dependiendo de la especie del animal, la raza, el individuo, el número de lactación, el modo, clima, estación y el momento de ordeño, la leche presenta una amplia variabilidad en cuanto a su composición.

(Mahaut, 2003. Pág. 24)

Puesto que no todas las leches poseen las mismas características de riqueza y composición en caseínas, equilibrios salinos, contenido de lactosa, calidad higiénica, entre otras, no todas son aptas para utilizarlas como materia prima para la producción de quesos. Es por esto que es importante regular la tasa de proteínas en las leches por medio de diferentes técnicas tales como la eliminación del agua por evaporación u ósmosis inversa, concentración por nanofiltración, por ultrafiltración (la más utilizada), microfiltración o enriquecimiento en caseinatos; todo esto para poder librarse de algunas variaciones que los distintos tipos de leche pueden presentar en cuanto al contenido proteico y así mismo, poder mejorar la aptitud de esta para la coagulación.

(Mahaut, 2003. Pág. 24)

El CaCl_2 (Cloruro de Calcio) se utiliza para corregir las variaciones de los contenidos en calcio de la leche durante la lactación o el equilibrio del calcio entre las fases soluble y coloidal debida a los efectos de la refrigeración o del tratamiento térmico; esto ayuda a que la leche sea apta para llevar a cabo el proceso de coagulación.

(Mahaut, 2003. Pág. 24)

Así mismo, por medio de adición del cuajo por maduración biológica, por adición de GDL (gluconodeltalactona), inyección de CO_2 o por aporte de proteínas séricas ácidas, se ajusta el pH para poder determinar el grado de mineralización de la cuajada y determinar los tiempos de proceso según el tipo de queso deseado.

(Mahaut, 2003. Pág. 24)

La utilización de la leche cruda o pasteurizada es cuestión personal, ya que esto depende principalmente del proceso que se va a llevar a cabo y el tipo de queso que se va a fabricar. Todos los productos lácteos pueden ser producidos a partir de leche cruda como de leche calentada. Es importante tener en cuenta que si la leche se calienta, esta debe alcanzar una temperatura de 68-70°C, e inmediatamente después ser enfriada. Esto es equivalente a un tratamiento térmico con el fin de reducir la tasa de gérmenes que se consigue en la pasteurización. La leche que esté destinada a la fabricación de queso no debe ser calentada por encima de los 70°C, ya que de ser así, no es posible fabricar quesos por la pérdida y transformación de las propiedades de esta.

(Scholz, 1995. Pág. 18)

2. Coagulación

Cuando la leche se acidifica o cuando se le añade una enzima proteolítica adecuada, o se suman ambos efectos, la leche se coagula. Este es un efecto en el cual las partículas de caseína se agregan y forman un gel. Este proceso ocurre cuando existe la presencia adecuada de Ca^{2+} en la leche utilizada.

(Walstra, 2001. Pág. 551)

a. Enzimática

Actualmente, se han utilizado coagulantes bacterianos y fúngicos obtenidos de bacterias y hongos, respectivamente. De acuerdo al tipo de enzima que se utilice y el equilibrio salino de la leche, el pH y la proporción de otros ingredientes de la leche tales como la grasa, suero, proteína y caseína va a ser el tipo de coágulo que se forme.

(Scott, 2002. Pág. 166)

La cuajada producida a bajo pH (4.6-5.0) tiende a ser granular, formada por partículas e inelástica, debido a la precipitación de la caseína en su punto isoelectrico o en la proximidad del mismo, en que es insoluble. Mientras que el coágulo obtenido enzimáticamente a pH más elevado (5.8-6.6) es más blando, suave, retráctil y elástico, que las cuajadas ácidas. El sustrato sobre el cual actúan las enzimas coagulantes es la caseína, para poder producir un coágulo insoluble que atrapa y retiene al resto de los componentes de la leche. Este puede llegar a consumirse directamente.

(Scott, 2002. Pág. 166)

b. Ácida

Esta consiste en la precipitación de las caseínas en su punto isoelectrico (pH=4.6) por medio de la acidificación biológica con la ayuda de fermentos lácticos que transforman la lactosa en ácido láctico o por acidificación química (inyección de CO_2 o adición de GDL), o añadiendo proteínas séricas con un pH ácido.

(Mahaut, 2003. Pág. 24)

3. Desuerado y prensado

El volumen de suero que se extrae luego de haberse realizado la coagulación depende del tipo de queso que se desea fabricar; es mayor en los de pasta dura que en los de pasta blanda. En los quesos duros, para extraer la mayor parte del suero, se realiza exactamente al final de la coagulación y luego se va removiendo lo que queda del suero conforme se van realizando los demás procesos. Para la extracción del suero en los quesos blandos, la mayor parte se realiza durante el moldeo y prensado.

(Dilajan, 1984. Pág. 53)

Para poder forzar a las partículas sueltas de cuajada a adoptar una forma lo suficientemente compacta como para poder manipular y expulsar el suero libre, se realiza el prensado. Este debe ser gradual al principio, a que si el queso se somete a altas presiones superficiales, este crea una capa impermeable, que generará que la humedad sea retenida dentro de las bolsas interiores del cuerpo del queso.

(Scott, 2002. Pág. 201)

El prensado debe llevarse a cabo cuando la cuajada se encuentre a temperaturas entre 24-26°C, ya que de no ser así, la grasa escurrirá de la cuajada y se perderá con el suero o llenará espacios entre los granos de la cuajada, dando como producto un queso grasoso superficialmente. Es importante comprender que la presión que debe ser aplicada al queso debe expresarse como una fuerza por unidad de área superficial de queso y no por queso, ya que este puede variar de tamaño.

(Scott, 2002. Pág. 202)

4. Afinado

Este es un proceso bioquímico en el cual se lleva a cabo la digestión enzimática de los constituyentes de la cuajada. El resultado de la coagulación y el desuerado es un producto caracterizado por su heterogeneidad fisicoquímica. Así mismo, en este proceso intervienen enzimas que estuvieron presentes desde el inicio en la leche y otras que pueden ser añadidas (tal es el caso de las enzimas coagulantes), o producidas durante el afinado por síntesis microbianas (bacterias, levaduras y mohos).

(Mahaut, 2003. Pág. 27)

El afinado se denomina por tres grandes fenómenos bioquímicos: la fermentación de la lactosa, la hidrólisis de la materia grasa y la degradación de las proteínas. Estas transformaciones generan nuevas características para el queso, por lo tanto, modifican su aspecto, composición y consistencia. Mientras que al mismo tiempo, se desarrollan el sabor, el aroma y la textura del mismo.

(Mahaut, 2003. Pág. 27)

5. Moldeo

Por cuestión de maleabilidad y estética, los quesos ofrecen diversas formas: esférica, cilíndrica y prismática (rectangulares y cuadrados). Pero el objetivo fundamental del moldeo es lograr que los granos de cuajada se suelden y puedan formar grandes piezas cuyas dimensiones dependen de la variedad del queso a elaborar.

(Dilanjan, 1970. Pág. 62)

Los quesos blandos suelen ser más pequeños (menos de 3,000 gramos), mientras que los quesos duros, generalmente son grandes (más de 3,000 gramos). Es por esto que los quesos duros suelen madurar bajo la

acción de bacterias acidolácticas facultativamente anaeróbicas. Esto, debido a que las condiciones anaeróbicas son más fáciles de lograr cuando se presentan grandes masas de escasa superficie relativa.

(Dilanjan, 1970. Pág. 62)

Para posibilitar la producción continua, es preferible moldear en moldes unitarios para luego poder mecanizar el proceso. El procedimiento utilizado en la elaboración de quesos semiblandos y duros para moldear el grano de cuajada se determina principalmente por el tipo de queso que se va a elaborar. Sea cual fuere el proceso que se adopte, es importante que la masa de cuajada se lleve a los moldes lo antes posible y debe realizarse en un lugar templado.

(Dilanjan, 1970. Pág. 66)

D. Tipos de queso

Estos son divididos en función a las características de los procesos de elaboración. Para los consumidores, la forma más fácil de dividirlos es mediante las diferencias que se perciben en el momento del consumo, tales como el tamaño, la forma, el aspecto externo e interno y, especialmente, el sabor y la textura de los mismos.

Las principales variables son la relación entre el agua y la proteína, y el tipo de maduración. Así mismo, también influye los tipos de cultivos, microorganismos, contenido graso sobre extracto seco, pH, porcentaje de sal y tiempo de maduración.

(Walstra, 2001. Pág. 665)

1. Quesos tipo holandés

Los más conocidos de este tipo de queso son el Gouda y Edam, junto con sus diferentes y numerosas variantes. Estos se caracterizan por:

- Elaborados a partir de leche de vaca
- Contienen entre un 40-50% de grasa sobre extracto seco
- Salados en salmuera luego del prensado
- Tiempo de maduración de 2 a 15 meses

(Walstra, 2001. Pág. 667)

2. Quesos tipo cheddar

Estos son sumamente parecidos a los del Tipo Holandés, pero en cuando al proceso de producción, son diferentes ya que al momento del salar los quesos, se realiza añadiéndole sal seca a la cuajada cortada. Estos son un poco más secos y ácidos generalmente.

(Walstra, 2001. Pág. 667)

3. Quesos frescos

Estos se caracterizan principalmente por tener un elevado contenido en humedad y no se maduran, o su maduración es muy corta.

(Walstra, 2001. Pág. 667)

E. Queso mozzarella

El queso mozzarella es un queso fresco de origen Italiano producido a partir de leche de búfala debido al contenido de grasa y proteína que la caracterizan. Este tipo de queso es obtenido a partir de una coagulación enzimática, y está caracterizado por la parte de su proceso en el cual se remoja la cuajada drenada en agua caliente, luego se amasa y se estira hasta que se vuelva manejable. Esto proporciona a este tipo de queso su textura y consistencia característica.

(Meyer, 1988. Pág. 183)

1. Proceso del queso tipo mozzarella

Figura No. 2: Proceso del queso tipo mozzarella



(Meyer, 1988. Pág. 183)

F. Buenas prácticas de manufactura para alimentos

1. Control en el proceso y en la producción

a. Materias primas

- 1) Se debe controlar diariamente el cloro residual del agua potabilizada con este sistema y registrar los resultados en un formulario diseñado para tal fin, en el caso que se utilice otro sistema de potabilización también deben registrarse diariamente.

- 2) Evaluar periódicamente la calidad del agua a través de análisis físico-químico y bacteriológico y mantener los registros respectivos. El establecimiento no debe aceptar ninguna materia prima o ingrediente que presente indicios de contaminación o infestación.
- 3) Todo fabricante de alimentos, debe emplear en la elaboración de éstos, solamente materias primas que reúnan condiciones sanitarias que garanticen su inocuidad y el cumplimiento con los estándares establecidos, para lo cual debe contar con un sistema documentado de control de materias primas, el cual debe contener información sobre: especificaciones del producto, fecha de vencimiento, número de lote, proveedor, entradas y salidas.

(RTCA, 2003.)

2. Operaciones de manufactura

Todo el proceso de fabricación de alimentos, incluyendo las operaciones de envasado y almacenamiento deben realizarse en condiciones sanitarias siguiendo los procedimientos establecidos. Estos deben estar documentados, incluyendo:

- a. Diagramas de flujo, considerando todas las operaciones unitarias del proceso y el análisis de los peligros microbiológicos, físicos y químicos a los cuales están expuestos los productos durante su elaboración.
- b. Controles necesarios para reducir el crecimiento potencial de microorganismos y evitar la contaminación del alimento; tales como: tiempo, temperatura, pH y humedad.
- c. Medidas efectivas para proteger el alimento contra la contaminación con metales o cualquier otro material extraño. Este requerimiento se puede cumplir utilizando imanes, detectores de metal o cualquier otro medio aplicable.
- d. Medidas necesarias para prever la contaminación cruzada.

(RTCA, 2003.)

3. Envasado

- a. Todo el material que se emplee para el envasado debe almacenarse en lugares adecuados para tal fin y en condiciones de sanidad y limpieza.
- b. El material debe garantizar la integridad del producto que ha de envasarse, bajo las condiciones previstas de almacenamiento.
- c. Los envases o recipientes no deben para otro uso diferente para el que fue diseñado
- d. Los envases o recipientes deben inspeccionarse antes del uso, a fin de tener la seguridad de que se encuentren en buen estado, limpios y desinfectados.

- e. En los casos en que se reutilice envases o recipientes, estos deben inspeccionarse y tratarse inmediatamente antes del uso.
 - f. En la zona de envasado o llenado solo deben permanecer los recipientes necesarios.
- (RTCA, 2003.)

4. Documentación y registro

- a. Deben mantenerse registros apropiados de la elaboración, producción y distribución.
 - b. Establecer un procedimiento documentado para el control de los registros.
 - c. Los registros deben conservarse durante un período superior al de la duración de la vida útil del alimento.
 - d. Toda planta debe contar con los manuales y procedimientos establecidos en este Reglamento así como mantener los registros necesarios que permitan la verificación de la ejecución de los mismos.
- (RTCA, 2003.)

G. Norma HACCP

1. Definición

Sistema de seguridad de los alimentos basado en la prevención. Es un método sistemático con el fin de analizar procesos alimenticios, definir posibles peligros y establecer puntos de control crítico para evitar que el cliente no obtenga alimentos no seguros y establecer medidas preventivas. La norma HACCP está basada en el *Codex Alimentarius* desarrollado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, y la Organización Mundial de la Salud.

(Ordoñez, 2009. Pág. 14)

2. Importancia y beneficios

En el momento en que se controlan los peligros físicos, químicos y microbiológicos que una industria posee, se puede asegurar al consumidor que los productos que recibe son seguros. Esto ayuda a tener no solo un mejor control, sino también una calidad alta que ayuda a la imagen de la industria y del producto en sí.

(Ordoñez, 2009. Pág. 15)

3. Principios HACCP

- a. **Principio 1:** Realizar un análisis de peligros.
- b. **Principio 2:** Determinar los puntos críticos de control (PCC).

- c. **Principio 3:** Establecer un límite o límites críticos.
- d. **Principio 4:** Establecer un sistema de vigilancia del control de los PCC.
- e. **Principio 5:** Establecer las medidas correctivas que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado PCC no está controlado.
- f. **Principio 6:** Establecer procedimientos de comprobación para confirmar que el Sistema HACCP funciona eficazmente.
- g. **Principio 7:** Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación.

(Codex Alimentarius, 1969)

H. Equipo de la línea de producción

1. Caldera

“Las calderas son máquinas termodinámicas tubulares calentadas directamente, que por principio convierten la energía del combustible en calor latente de vaporización”.

(Kern, 1999. Pág. 441)

El calor necesario para evaporar el agua usando una caldera puede ser suministrado por gases calientes recuperados a la salida de otro aparato industrial (horno, por ejemplo), por el fluido refrigerador de una planta de producción, por radiación solar, por combustibles derivados del petróleo o por una corriente eléctrica. Cuando el calor es suministrado por el líquido caliente o por vapor que se condensa, se suelen emplear otras denominaciones, tales como vaporizador y transformador de vapor. Si la caldera está conectada a otros aparatos, de los cuales unos calientan el agua (recalentadores de agua, economizadores) o el aire de combustión (precalentador de aire), y otros recalientan el vapor (recalentadores), suele denominarse al conjunto grupo evaporador, y la parte del grupo en que se produce la evaporación se llama vaporizador o haz vaporizador.

(Kern, 1999. Pág. 441)

En una caldera pirotubular, los productos de la combustión son conducidos a la salida de la caldera a través de conductos o tubos que están rodeados por agua. Algunas veces se utilizan dispositivos en los tubos para controlar la velocidad de los gases y de esta forma mejorar la transferencia de calor al forzar un mejor contacto entre los gases y las paredes de los tubos. Se utilizan en las aplicaciones que requieren presiones moderadas de vapor. Las calderas pirotubulares tienen generalmente tubos de diámetro 2 pulgadas o más grandes. Son usualmente rectas y relativamente cortas para que los gases calientes de la combustión experimenten una caída de presión relativamente baja mientras pasan a través de ellas. Las calderas pirotubulares son generalmente construidas de forma similar a un intercambiador de calor de concha y tubo.

(Perry, 1992. Páginas 9-72)

El espacio del agua que rodea los tubos es contenido generalmente por un recipiente cilíndrico o plano grande. Por esta razón, las calderas pirotubulares se diseñan raramente para más de 300 psi pues el espesor de pared requerido sería demasiado excesivo. Las calderas pirotubulares tienen una cantidad bastante grande de agua contenida de modo que haya una cantidad considerable de energía térmica almacenada en la caldera. Esto también permite oscilaciones de la carga donde cantidades grandes de vapor o de agua caliente se requieren en un período de tiempo relativamente corto, como sucede a menudo en aplicaciones de proceso. Frecuentemente tienen una vida útil de 25 años o más. El mantenimiento constante y el tratamiento de aguas cuidadoso aseguran un buen desempeño.

(Perry, 1992. Páginas 9-85)

El cuerpo de la caldera está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal que incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor. La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada con bridas de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humo.

(Perry, 1992. Páginas 9-93)

Las calderas de tubos de humo se usan para demandas de baja capacidad, generalmente de 15,000 a 20,000 lb/h de vapor para uso industrial, doméstico o de proceso y para generación de potencia en pequeña escala como en las locomotoras, etc. Como combustibles puede emplearse carbón, petróleo o gas, y en algunos casos, combustibles tales como, la madera, lodos secos, etc.

(Perry, 1992. Páginas 9-101)

2. Marmita

Una marmita es una olla de metal cubierta con una tapa que queda totalmente ajustada se utiliza generalmente a nivel industrial para procesar alimentos tales como: mermelada, jalea, chocolate, dulces, lácteos, salsas, carnes, bocadillos, confites etc. y además muchas veces también es utilizada en la industria farmacéutica.

(Dilanjan, 1970. Pág. 79)

Las marmitas de vapor necesitan de una caldera como fuente de vapor. El producto a calentar o mezclar se debe remover en forma manual o con un agitador incorporado para que el producto no se pegue. La carcasa puede durar veinte años o más. Se deben cambiar las válvulas y la tubería de vapor. Se debe chequear constantemente la válvula de seguridad para cerciorarse que funciona bien, de lo contrario un aumento descontrolado de la presión puede hacer estallar la marmita. El costo del equipo depende de la capacidad y materiales utilizados.

(Dilanjan, 1970. Pág. 79)

3. Tanque

Los tanques de proceso juegan un papel importante en casi todos los sistemas de proceso. La apropiada selección de las opciones de configuración del tanque, agitación, intercambio de calor y control tiene una contribución significativa a la calidad final de su producto.

(Perry, 1992. Páginas 9-303)

Para productos alimenticios como cerveza, leche, zumos, aceites y muchos otros, se utilizan tanques específicos optimizados que se diseñan para maximizar la eficiencia logística y la seguridad. Así como para asegurar la inocuidad de los productos generados. Debido a su tamaño usualmente son diseñados para contener el líquido a un presión atmosférica o ligeramente mayor que la atmosférica.

(Perry, 1992. Páginas 9-303)

4. Bomba centrífuga

Las bombas se encargan de incrementar la energía mecánica de los líquidos, aumentando su velocidad, presión o elevación. Las dos clases más importantes son las de desplazamiento positivo y bombas centrífugas. Las unidades de desplazamiento positivo aplican presión directamente al líquido por un pistón recíprocante, o por miembros rotarios, los cuales forman cámaras alternadamente llenas o vacías del líquido. Las bombas centrífugas generan altas velocidades de rotación, entonces convierten la energía cinética resultante del líquido en energía de presión.

(McCabe, 2007. Pág. 220)

La característica principal de la bomba centrífuga es la de convertir la energía de una fuente de movimiento (el motor) primero en velocidad (o energía cinética) y después en energía de presión. El rol de una bomba es el aporte de energía al líquido bombeado (energía transformada luego en caudal y altura de elevación), según las características constructivas de la bomba misma y en relación con las necesidades específicas de la instalación. El funcionamiento es simple: dichas bombas usan el efecto centrífugo para mover el líquido y aumentar su presión. Dentro de una cámara hermética dotada de entrada y salida (tornillo sin fin o voluta) gira una rueda con paleta (rodete), el verdadero corazón de la bomba. El rodete es el elemento rodante de la bomba que convierte la energía del motor en energía cinética (la parte estática de la bomba, o sea la voluta, convierte, en cambio, la energía cinética en energía de presión). El rodete está, a su vez, fijado al eje bomba, ensamblado directamente al eje de transmisión del motor o acoplado a él por medio de acoplado rígido.

(Barbera, 2005)

Cuando entra líquido dentro del cuerpo de la bomba, el rodete (alimentado por el motor) proyecta el fluido a la zona externa del cuerpo-bomba debido a la fuerza centrífuga producida por la velocidad del rodete: el líquido, de esta manera, almacena una energía (potencial) que se transformará en caudal y altura de elevación (o energía cinética). Este movimiento centrífugo provoca, al mismo tiempo, una depresión capaz de aspirar el fluido que se debe bombear. Conectando después la bomba con la tubería de descarga, el líquido se encanalará fácilmente, llegando fuera de la bomba.

(Barbera, 2005)

El funcionamiento de la bomba centrífuga depende del momento inicial del cebado y del modo en el cual se asegura la aspiración del mismo líquido: si la bomba se coloca a un nivel inferior al de la vena de la que se extrae el líquido, éste entra espontáneamente en la bomba (de esta manera se obtiene una instalación bajo nivel). Mientras que si la bomba se coloca sobre el surgente del cual se desea bombear, el líquido se aspirará: la bomba (así como la tubería de aspiración) tendrá que cebarse preventivamente, o sea, llena de líquido (se tratará de una bomba auto cebada). El sistema centrífugo presenta infinidad de ventajas con respecto a los otros tipos de bombeo: aseguran un tamaño reducido, un servicio relativamente silencioso y un fácil accionamiento con todos los tipos de motores eléctricos que se encuentran en plaza.

(Barbera, 2005)

I. Materias primas

Cuadro No. 1: Especificaciones de materia prima para el proceso de queso mozzarella modificado

Materia Prima	Marca	Especificaciones
Leche de búfala	---	Debe ser fresca. Aproximadamente con un contenido de grasa y proteína de 8.54% y 3.52%, respectivamente.
Leche descremada	Dos Pinos	Posee 35% de proteína y 0.1% de grasa.
Cloruro de calcio	CHR Hansen	Sólido blanco, granulado.
Cultivo	CHR Hansen	STM5 (<i>Streptococcus thermophilus</i>), congelado.
Cuajo	CHR Hansen	Cuamase, Maximum. Cuajo líquido.
Sal	Rama Blanca	Yodada.

J. Materiales de construcción

1. Acero inoxidable 316

Los aceros inoxidables son aleaciones de hierro con un mínimo de un 10,5% de cromo. Sus características se obtienen mediante la formación de una película adherente e invisible de óxido de cromo. La aleación 316 es un acero inoxidable auténtico de uso general con una estructura cúbica de caras centradas. Es esencialmente no magnético en estado recocido y sólo puede endurecerse en frío. Se añade molibdeno para aumentar la resistencia a la corrosión especialmente en entornos que contienen cloruros. El bajo contenido en carbono de la aleación 316 otorga una mejor resistencia a la corrosión en estructuras soldadas.

(AISI, 2010)

K. Servicios auxiliares

1. Vapor saturado

Si es agua es calentada más por sobre su punto de ebullición, esta se convierte en vapor, o agua en estado gaseoso. Sin embargo, no todo el vapor es el mismo. Las propiedades del vapor varían de gran forma dependiendo de la presión y la temperatura la cual está sujeto. El vapor saturado se presenta a presiones y temperaturas en las cuales el vapor (gas) y el agua (líquido) pueden coexistir juntos. En otras palabras, esto ocurre cuando el rango de vaporización del agua es igual al rango de condensación.

(TLV, 2012)

La eficiencia de calentamiento se puede ver reducida si se usa un vapor diferente al vapor seco para los procesos de calentamiento. Contrario a la percepción común, virtualmente no todo el vapor generado en una caldera es vapor seco, si no vapor húmedo, el cual contiene algunas moléculas de agua no vaporizadas. La pérdida de calor por radiación ocasiona que una parte del vapor se condense. Por lo tanto el vapor húmedo generado se vuelve aún más húmedo, y también se forma más condensado, el cual debe ser removido al instalar trampas de vapor en las locaciones apropiadas.

(TLV, 2012)

Entre las ventajas del uso del vapor saturado se encuentran: El vapor saturado mejora la productividad y calidad del producto. La temperatura que este tenga puede establecerse precisamente y ser controlada fácilmente. El área de transferencia de calor requerida es menor, por lo tanto, permite la reducción del costo inicial del equipo.

(TLV, 2012)

L. Material de empaque

1. Polietileno de baja densidad (LDPE)

Polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, *Low Density Polyethylene*) o PEBD, polietileno de baja densidad.

(Silva, 1997. Pág 164)

El polietileno de baja densidad se caracteriza por su flexibilidad, buena resistencia térmica, química y una gran resistencia al impacto. Este es de color cremoso semi-transparente. Este puede ser procesado por medio de los métodos de inyección, extrusión y termoplástico.

(Silva, 1997. Pág 166)

Es utilizado para la fabricación de sacos y bolsas plásticas, film para invernaderos y otros usos agrícolas. Así como juguetes, vasos, platos, cubiertos, botellas y empaque para productos químicos, farmacéuticos y alimenticios.

(Silva, 1997. Pág 171)

M. Situación actual de la línea de producción

En la industria se tiene acceso a la leche de búfala con 8.54% de grasa, 9.64% de sólidos no disueltos, 69.39% de agua y 3.52% de proteína. Esto genera un beneficio a la empresa, ya que ayuda a disminuir costos de materia prima. Así mismo, es importante cotizar las demás materias primas en distintos proveedores, evaluar si existen proveedores locales o nacionales para que el precio de compra de estas sea menor. Entre las materias primas se encuentra: leche en polvo descremada con 35% de proteína como extensión láctica, cultivo lácteo STM5 y cuajo Caumase Maximum de CHR Hansen y sal yodada Rama Blanca.

En Guatemala, se cuenta con algunas industrias de lácteos productoras de queso mozzarella, entre las cuales se pueden mencionar: Parma, Trebolac, Chivolac, La Italia y Pasajinak. Por otra parte, entre las industrias extranjeras que tienen un buen posicionamiento dentro del mercado guatemalteco de queso mozzarella se encuentran: Anchor, Chalet, Mainland, Borden, Kraft, Great Value, Australian, San Julian, León de Oro, entre otras. La mayor parte de los productos como el queso tipo mozzarella son importados debido a la baja producción de estos dentro del país y teniendo una demanda de aproximadamente 2 millones de kilogramos por año, según el Ministerio de Economía de Guatemala. Entre los principales países de donde se importa este producto se encuentran El Salvador con 48.81%, Estados Unidos 21.66% y Nicaragua, con 7.61% del mercado.

En cuanto al proceso actual de la industria, actualmente se cuenta con una caldera pirotubular, un banco de hielo, una marmita de acero inoxidable y una refrigeradora. Así mismo, se debe fabricar en acero inoxidable 316 con 0.003175m (1/8") de grosor, una cuba con chaqueta de enfriamiento y serpentín para calentamiento, un tanque de hilado con chaqueta de calentamiento y un tanque de salmuera, así como comprar dos bombas centrífugas y una empacadora al vacío.

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad existe un mayor interés por la producción de alimentos de alta calidad, que estén fabricados de forma más eficiente pero con costos accesibles para el público. Dentro de esta categoría los lácteos son una alternativa interesante a estos requisitos, por lo que el mercado de estos productos es de suma importancia y más aun sabiendo que a nivel mundial, estos productos son parte fundamental de la alimentación diaria.

En Guatemala, la industria láctea es amplia debido a que este es un país principalmente agropecuario. Actualmente, se cuenta con algunas industrias de lácteos productoras de queso mozzarella, entre las nacionales se pueden mencionar: Parma, Trebolac, Chivolac, La Italia y Pasajinak. Por otra parte, entre las industrias extranjeras que tienen un buen posicionamiento dentro del mercado guatemalteco de queso mozzarella se encuentran: Anchor, Chalet, Mainland, Borden, Kraft, Great Value, Australian, San Julian, León de Oro, entre otras. La mayor parte de los productos como el queso tipo mozzarella son importados debido a la baja producción de estos dentro del país y teniendo una demanda de aproximadamente 2 millones de kilogramos por año, según el Ministerio de Economía de Guatemala. Entre los principales países de donde se importa este producto se encuentran El Salvador con 48.81%, Estados Unidos 21.66% y Nicaragua, con 7.61% del mercado. y la falta de conocimiento de cómo estos se producen originalmente y su procedencia. Es por esto que existe una oportunidad de mercado que puede ser aprovechada, así mismo sería útil para poder dar a conocer que el queso tipo mozzarella se genera a partir de leche de búfala originalmente. El queso tipo mozzarella es vendido a aproximadamente Q30.00 -Q40.00 por 2.2 Kilogramos (1 libra), ya sea importado o producido nacionalmente. Actualmente la empresa vende este tipo de queso a Q36.00 por libra, ya que se introdujo hace pocos meses al mercado. Se busca poder mejorar la calidad e incluso poder tener una producción más controlada para disminuir los costos de producción y aumentar la ganancia.

Así mismo, los productos lácteos consumidos en el país derivan principalmente de leche de vaca, mientras que el queso mozzarella deriva de la leche de búfala. Teniendo disponibilidad de la materia prima dentro de la misma industria láctea, ya que se cuenta con una finca donde se crían búfalos en el área de Sipacate, Escuintla, donde también se encuentra actualmente la producción del queso, esto ayudaría no solo a tener una mayor participación activa en este mercado, tanto a nivel nacional, como a nivel internacional, logrando un mejor posicionamiento de la marca y aumentando la rentabilidad de la empresa, sino también el producto contaría con una mejor calidad debido a la proporción proteína/grasa que esta posee y por la cual se caracteriza. Esto genera una apertura para la industria láctea guatemalteca, para poder introducir un producto y así mismo, comercializarlo más adelante. Así mismo, se planifica un crecimiento del 15% de la producción de leche en la empresa en cinco años, de acuerdo al incremento de nacimientos de búfalas.

Como se mencionó anteriormente, en la industria se tiene acceso a la leche de búfala, generando así un beneficio, disminuyendo costos de materia prima. Así mismo, es importante cotizar las demás materias primas en distintos proveedores, evaluar si existen proveedores locales o nacionales para que el precio de compra de estas sea menor. Entre las materias primas se encuentra: leche en polvo descremada con 35% de proteína como extensión láctica, cultivo lácteo STM5 y cuajo Caumase Maximum de CHR Hansen y sal yodada Rama Blanca.

La industria ya cuenta con una caldera pirotubular, un banco de hielo, una marmita de acero inoxidable y una refrigeradora. Así mismo, se debe fabricar en acero inoxidable 316 con 0.003175m (1/8”) de grosor, una cuba con chaqueta de enfriamiento y serpentín para calentamiento, un tanque de hilado con chaqueta de calentamiento y un tanque de salmuera, así como comprar dos bombas centrífugas y una empacadora al vacío.

Por otra parte, las normas para el control de productos alimenticios como HACCP y de Buenas Prácticas de Manufactura en Guatemala, actualmente son muy estrictas, ya que es de suma importancia cuidar la inocuidad de los productos de consumo humano. Estas normas obligan a que la producción de este tipo de productos se realice bajo procesos controlados que aseguren su calidad final. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta que en la producción de alimentos es responsabilidad de la industria, tener procesos y áreas aislados con los debidos servicios auxiliares.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general

- Diseñar una línea de producción semi industrial de queso tipo mozzarella en salmuera a partir de leche de búfala para una industria láctea de Guatemala.

B. Objetivos específicos

- Reformulación del queso tipo mozzarella utilizando una extensión láctea
- Análisis de equipo e instalaciones disponibles actualmente
- Evaluación del proceso de fabricación actual y de rendimientos
- Diseño de equipos y servicios auxiliares para la línea de producción de queso tipo mozzarella.
- Aplicación de las normas de Buenas Prácticas de Manufactura para el diseño de la línea de producción.
- Realización de análisis económico de la línea de producción en base a una producción diaria de 101.4Kg de queso tipo mozzarella tratado con salmuera

V. PROBLEMA A RESOLVER

A. Problema a resolver

Las líneas de producción de productos lácteos, incluyendo el queso tipo mozzarella, requieren que las instalaciones cumplan con los requisitos establecidos en las diferentes normas de calidad y buenas prácticas de manufactura del Reglamento Técnico Centroamericano, emitido por el Ministerio de Economía y Comercio (MINECO), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC), Secretaría de Industria y Comercio (SIC) y el Ministerio de Economía, Industrias y Comercio (MEIC). Así mismo, implementar la norma HACCP para cuidar la inocuidad de los productos de consumo humano y asegurar que los procesos sean controlados para obtener un producto de buena calidad. De esta forma, se pretende realizar el diseño de una línea de producción de queso tipo mozzarella que cumpla con los requisitos técnicos, legales y de calidad de los más altos estándares, con la finalidad de facilitar el comercio de estos productos en los diferentes mercados nacionales y en un futuro, internacionales.

Teniendo disponibilidad de la materia prima dentro de la misma industria láctea, mejorar la participación activa en el mercado de quesos nacionales, logrando un mejor posicionamiento de la marca. Así mismo, poder mejorar la calidad e incluso poder tener una producción más controlada para disminuir los costos de producción y aumentar la ganancia.

VI. METODOLOGÍA

A. Diseño de una línea de producción de queso tipo mozzarella

El diseño de la línea de producción de queso tipo mozzarella inició con el análisis de porcentaje de grasa y proteína de la leche de búfala a utilizar durante el proceso y la disponibilidad de la misma. A partir de los resultados obtenidos, se determinó el proceso a utilizar para la fabricación del queso, las materias primas a utilizar, el orden y tiempos del proceso. Luego, se procedió a determinar la capacidad por día que se tendrá en la línea de producción, para lo cual se generó un balance de masa y energía, tomando en cuenta las materias primas y la energía a utilizar.

Según el proceso y el balance de masa y energía obtenido, se procedió a establecer los equipos a utilizar en la línea de producción, con esto, se realizó un diagrama de flujo del mismo y se establecieron los servicios auxiliares a utilizar. Se determinaron, seleccionaron y cotizaron los equipos que serán comprados o fabricados por la empresa. Ya establecido esto, se realiza un análisis de costos y un análisis económico para la instalación y operación de la línea.

B. Cronograma de actividades

Cuadro No. 2: Cronograma para el diseño una línea de producción de queso tipo mozzarella

Actividad	Fechas (Semanas)											
	1era	2da	3era	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma	11ava	12ava
Análisis de la leche a usar y la disponibilidad												
Determinar el proceso												
Determinación de la capacidad por día que tendrá la planta												
Realizar balance de masa y energía												
Determinar los equipos a utilizar												
Diseño de equipo												
Selección de equipo a comparar												
Realizar diagrama de flujo del proceso												
Determinar los servicios auxiliares a utilizar												
Determinar, seleccionar y cotizar el equipo a comprar o fabricar												
Análisis de los costos de la línea de producción												
Análisis económico para la instalación y operación de la línea												

VII. RESULTADOS

Cuadro No. 3: Características del queso mozzarella a producir

Característica	Descripción
Forma	Ovalada
Color	Crema
Olor	Característico
Sabor	Característico
Consistencia	Semidura
Empaque	Dos bolsas plásticas de polietileno de baja densidad, al vacío y una etiqueta adherible con los datos propios del producto.

Cuadro No. 4: Análisis de leche de búfala

Grasa (%)	Sólidos no disueltos (%)	Agua (%)	Proteína (%)
8.54	9.64	69.39	3.52

Cuadro No. 5: Cantidad y especificaciones del equipo de la línea de producción de queso tipo mozzarella

Equipo	Cantidad	Especificaciones
Caldera	1	Ya existente en la empresa. Diseño pirotubular. Diesel, 240 V.
Banco de hielo	1	Ya existente en la empresa. Capacidad de 1.0m ³ . Tanque de acero inoxidable. Agua a 4°C, 220V trifásico.
Marmita	1	Ya existente en la empresa. Tanque de media esfera, acero inoxidable. Capacidad de 0.100 m ³ . Posee una chaqueta para ser utilizada con vapor saturado. Utiliza un agitador de paletas Drive. 0.19KW, 220V trifásico.
Cuba	1	Capacidad de 0.120m ³ . Tanque cúbico rectangular, acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor, con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro. Posee una chaqueta y un serpentín de de 0.0254m (1in) de diámetro en acero inoxidable, para agua fría y vapor saturado, respectivamente.
Tanque de hilado	1	Capacidad de 0.010m ³ . Tanque cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro, acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor. Posee una chaqueta para vapor saturado.
Tanque de salmuera	1	Capacidad de 0.030m ³ . Tanque cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro, acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor.
Empacadora al vacío	1	Marca Emplex. Posee un panel de control digital con pantalla LCD. Funciona por medio de una bomba eyectora de vacío. Presión de aire: 415-550KPa. Pesa 35Kg. 2.5KW, 110V.
Refrigeradora	1	Ya existente en la empresa. Marca Mabe. Capacidad 5.8m ³ . Refrigerador y congelador color grafito. Posee dos perillas, para control de temperatura y de humedad. T _{Mínima} Refrigerador: 2°C. T _{Mínima} Congelador: -14°C. 0.25KW, 120V.
Bombas centrífugas	2	Marca Waukesha Cherry-Burrel, modelo 2045. Bomba centrífuga sanitaria, de acero inoxidable. Utilizada para alimentos. 0.38KW, 60% eficiencia.

Cuadro No. 6: Dimensiones y capacidad del equipo diseñado de la línea de producción

Equipo	Dimensiones				Capacidad (m ³)	Planos
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Diámetro redondeado (m)		
Marmita	0.3700	0.7300	0.3700	---	0.100	Figuras No.9 y No.10
Cuba	0.7900	0.3950	0.3950	0.0381	0.120	Figuras No.11 a No.14.
Tanque de hilado	0.3534	0.1767	0.1767	0.0381	0.010	Figuras No.15 a No.17
Tanque de salmuera	0.5094	0.2547	0.2547	0.0381	0.030	Figuras No.18 a 20

Figura No. 3: Diagrama de flujo del proceso sugerido para queso tipo mozzarella

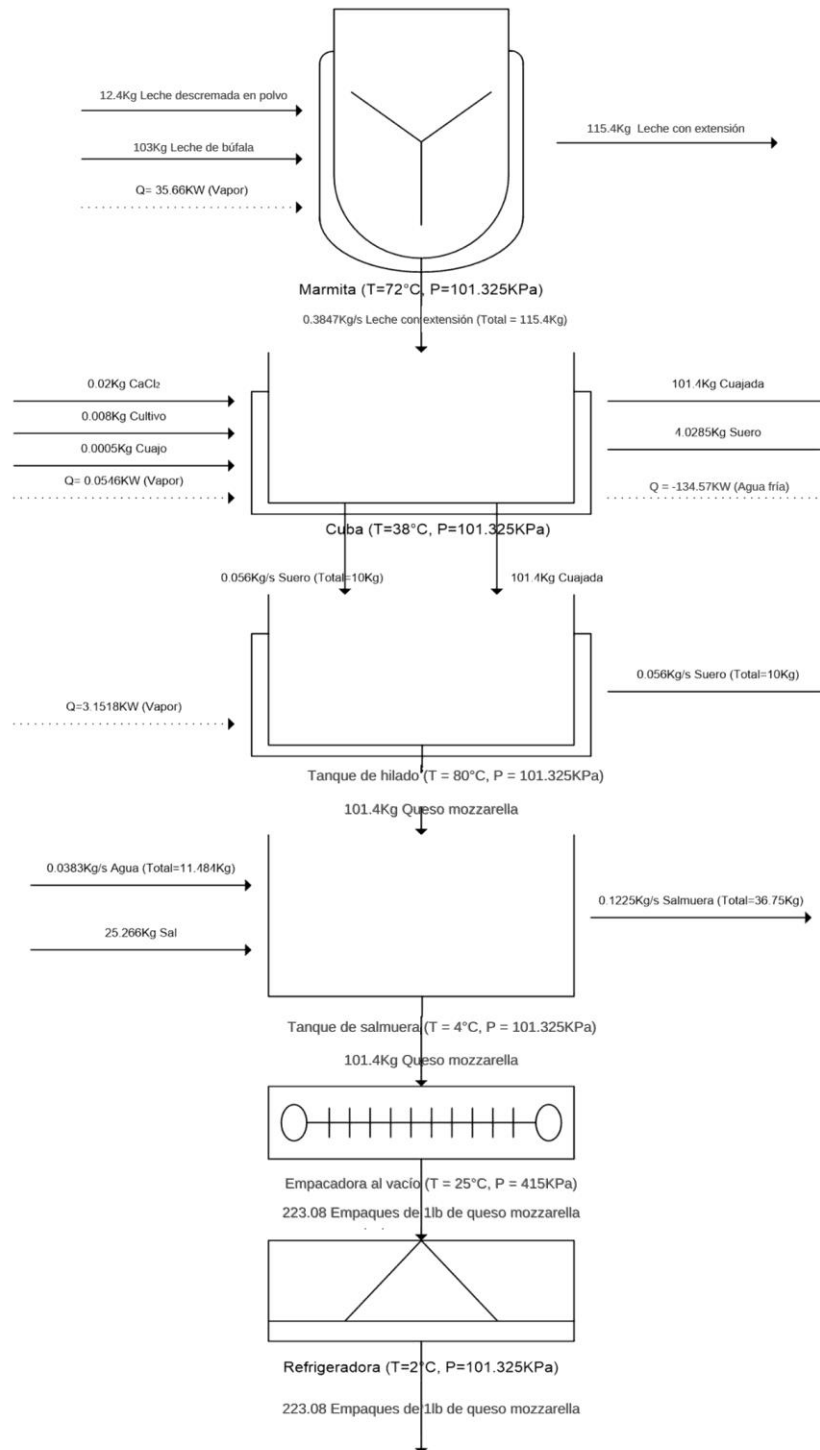


Figura No. 4: Diagrama de bloques del balance de masa del proceso de queso tipo mozzarella

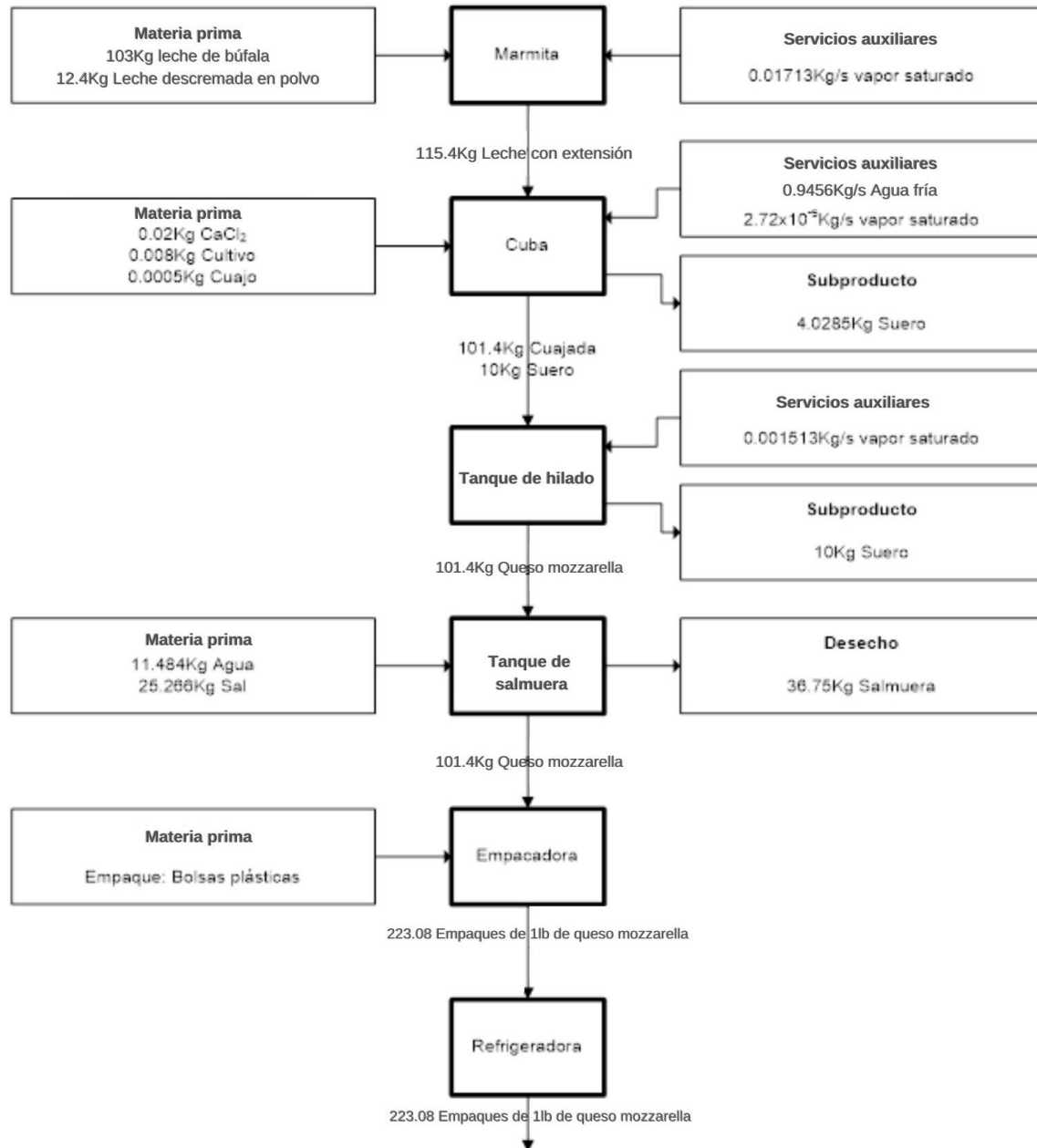
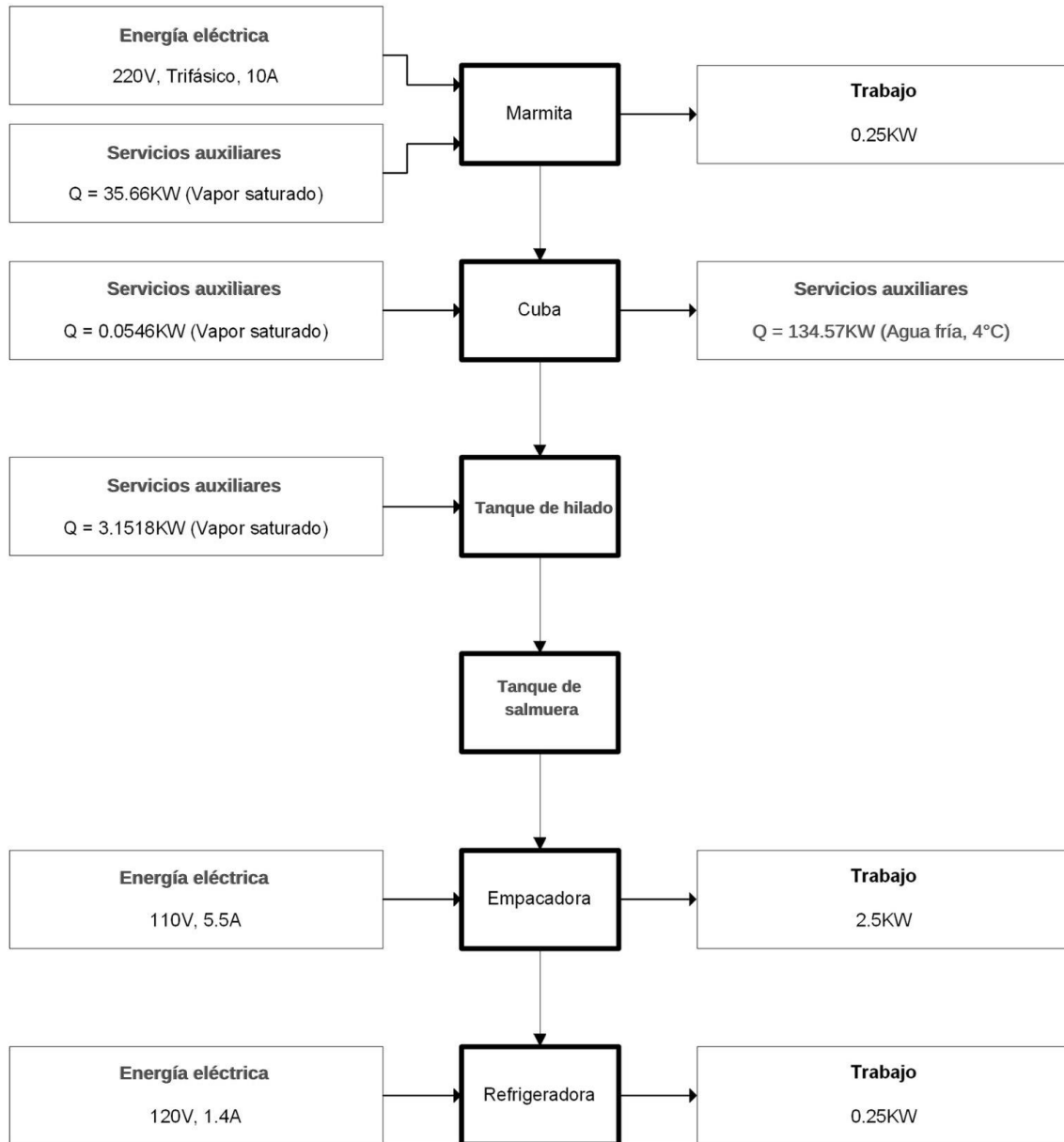


Figura No. 5: Diagrama de bloques del balance de energía del proceso de queso tipo mozzarella



Cuadro No. 7: Análisis económico del proceso de queso tipo mozzarella

Costo de producción por libra	Q30.63
Precio de venta por libra	Q40.00
Tasa interna de retorno (TIR)	96%
Valor actual neto (VAN)	Q2,593,999.36
Periodo de recuperación de capital	2 años

Cuadro No. 8: Análisis de sensibilidad del proceso de queso tipo mozzarella

Máxima reducción en ventas	-21.75%
TIR	18%
VAN	Q145,556.32

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo del presente trabajo fue diseñar una línea de producción de queso tipo mozzarella en salmuera para una industria de lácteos guatemalteca. Se diseñó la línea utilizando las normas emitidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), la norma HACCP y las normas emitidas por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Se diseñó y seleccionó el equipo adecuado para la fabricación del producto y mantener una alta calidad e inocuidad. Así mismo, se realizó un estudio económico para determinar la rentabilidad y viabilidad del proyecto.

Se utilizó una base de 0.100 m³ diarios de leche de búfala con 8.54% de grasa y 3.52% de proteína, esto genera una relación grasa/proteína de 2.43, cuando la proporción ideal es 1.1grasa/proteína. Es por esto que se determinó que era necesario utilizar una extensión láctea para aumentar el porcentaje de proteína y tener un mejor rendimiento para el producto. Así mismo, la formulación utilizada inicialmente por la empresa fue modificada con el fin, no solo de aumentar el rendimiento del queso, sino también de mejorar el sabor, olor y consistencia del mismo. Por esto mismo, se utilizó leche descremada en polvo con 35% de proteína como extensión láctica, cultivo lácteo STM5 y cuajo Caumase Maximum de CHR Hansen para la fabricación de queso mozzarella. Así mismo, el proceso de producción de queso mozzarella fue diseñado para que la cuajada fuera hilada en el mismo suero para aprovechar la acidez y consistencia que este le brinda y disminuir la utilización de agua en el proceso. Por otra parte, se realiza un salado en salmuera por petición de la empresa.

Para el diseño de equipo se toma en cuenta que el proceso es para alimentos, por lo cual todo el equipo diseñado o seleccionado, que tiene contacto directo con el producto, es de acero inoxidable. En los Cuadros No.13 y No.14 se estipulan las condiciones a las cuales debe encontrarse el agua potable para el proceso de acuerdo a la norma COGUANOR 29 001:99, así como en el Cuadro No.15, se encuentran las especificaciones de toda la materia prima utilizada en el proceso. Es importante que el agua tratada cumpla con todas las estipulaciones, ya que el producto es destinado para consumo humano y debe mantenerse no solo la calidad, sino la inocuidad del mismo.

Dentro de la misma empresa se cuenta con la materia prima principal: leche de búfala. El manejo de esta debe ser muy cuidadoso para evitar contaminación de la misma. Así mismo, para la realización cualquier tipo de queso, en este caso, queso tipo mozzarella, es importante utilizar leche fresca (recién ordeñada), ya que el proceso de descomposición de la misma inicia al no más salir del sistema de la búfala y no puede ser contaminada por el ambiente.

El proceso de producción inicia con una etapa de mezclado, en la cual se mezcla la leche de búfala recién ordeñada con la leche descremada en polvo. Como se mencionó anteriormente, es necesario utilizar una

extensión láctica para subir el porcentaje de proteína y llegar a la relación grasa/proteína óptima para este tipo de queso, para esto se utilizan 124 gramos de leche descremada en polvo por cada litro de leche de búfala. El mezclado se lleva a cabo en una marmita de acero inoxidable de 0.100 m³ de capacidad con 0.25KW de potencia, utiliza un agitador de paletas durante 10 minutos para combinar ambas leches y tener una mezcla homogénea para luego pasar a ser pasteurizada. Como resultado de la mezcla de leche de búfala y leche descremada en polvo, se obtiene leche con extensión de proteínas.

La pasteurización se lleva a cabo en la marmita antes descrita. Por medio de la utilización de vapor saturado proveniente de una caldera pirotubular (ya existente en la empresa), la leche con extensión es llevada a una temperatura de 72°C durante 10 minutos para completar no solo la mezcla de las leches, sino también para realizar el proceso de pasteurización. Al alcanzar la temperatura de 72°C cualquier microorganismo que estuviese presente en la leche, muere, siendo así un producto apto para el consumo humano.

Para completar la pasteurización, la leche es transportada por medio de una bomba centrífuga sanitaria marca WaukeshaCherry-Burrel, de acero inoxidable con 0.5KW de potencia, hacia una cuba. La cuba es un tanque de acero inoxidable con paredes redondeadas para evitar la acumulación de leche o residuos en las esquinas. Este equipo posee una chaqueta diseñada para tener un serpentín de 0.0254m (1in) de diámetro, en el cual se transporta vapor saturado para mantener la temperatura de la cuajada mientras se lleva a cabo la inoculación, la adición del cuajo y la acidificación de la cuajada. Así mismo, por la parte de afuera del serpentín, dentro de la chaqueta, se transporta agua fría a 4°C para utilizar como servicio auxiliar para el enfriamiento térmico de la leche, llevarla a 38°C y completar el proceso de pasteurización. El enfriamiento se lleva a cabo en 2 minutos, se bombea agua desde el banco de hielo de la empresa (un milkeeper de 1.0m³ de capacidad, adaptado para mantener fría el agua y emplearla en los diferentes procesos realizados en la planta) para generar un cambio drástico de temperatura y asimilar el efecto de un intercambiador de calor, para obtener el resultado deseado de la pasteurización, así como optimizar tiempo de producción.

Luego de realizada la pasteurización, la leche se encuentra a 38°C y se mantiene durante todo el proceso hasta el momento en el cual se procede a realizar el hilado. Mientras tanto, se añade 0.2g de cloruro de calcio (CaCl₂) a la leche, ya que durante la etapa de pasteurización la leche pierde parte de su calcio al ser sometida a altas temperaturas, por lo cual es importante restablecer el calcio perdido y sin este, la cuajada tendría poca firmeza y al cortarla generaría que parte de la misma se fuera en el suero, generando pérdidas y bajando el rendimiento de la producción.

Luego de agregar el CaCl₂, manteniendo la temperatura a 38°C, se lleva a cabo la inoculación con el cultivo láctico STM5 de CHR Hansen para queso mozzarella. Es importante mantener la temperatura para simular la temperatura interna de la búfala. El cultivo influye en el proceso de acidificación y le otorga sus características al queso, tales como la textura, el aroma y el sabor. Así mismo, este ayuda a impedir el desarrollo de bacterias dañinas y aumenta su vida útil. Se deja actuar durante 20 minutos y luego se procede a añadir 0.05mL de cuajo

por cada litro de leche procesado. Esta materia prima es sumamente importante, ya que es la que genera el proceso de cuajado por medio de la coagulación de la caseína, dándole al queso su textura característica. Nuevamente, es de suma importancia mantener la temperatura a 38°C para que la cuajada se forme. De no mantener la temperatura, el tiempo para de coagulación aumenta y la firmeza puede no ser la misma. El tiempo para que se forme la cuajada es de aproximadamente 20 minutos.

Ya formada la cuajada, se procede a cortarla con una lira, de acero inoxidable para mantener siempre la inocuidad del producto. Se obtienen cubos de 2cm³, se empieza a observar la separación del suero, luego se agita suavemente durante 5 minutos para asegurar que los cubos formados no se aglomeren, así como para y asegurar que toda la cuajada esté cortada y favorecer el desuerado. El tiempo de agitación ayuda a determinar la consistencia final del queso, mientras más suero salga, se tiene un queso más seco y firme, a diferencia de cuando se desuera poco, ya que se obtiene un mozzarella más blando. Así mismo, se debe tener especial cuidado con la agitación de la cuajada, hay que revolver lenta y suavemente ya que con una agitación violenta los cubos formados pueden romperse, provocando defectos en el queso, disminuyendo el rendimiento o incluso, imposibilitando el proceso de hilado.

En este punto, la cuajada se encuentra lista para iniciar el proceso de maduración o acidificación. En esta, se requiere que la cuajada alcance un pH=4.7, lo cual toma aproximadamente 4-4.5horas. Es de suma importancia mantener un control del cambio de acidez utilizando un potenciómetro, ya que este punto es vital para el hilado del queso mozzarella, lo cual le da la consistencia característica del mismo.

Completada la etapa de acidificación, se procede a quitar el suero superficial. A pesar de que el suero representa 12.16% de la leche ingresada a la cuba, únicamente se utilizan 0.010m³ del suero, el cual es trasladado al tanque de hilado. El resto de suero se utiliza como alimento para cerdos en la finca. El tanque de hilado tiene una capacidad de 0.010m³, está hecho de acero inoxidable con paredes redondeadas y cuenta con una chaqueta para ser utilizada con vapor saturado para calentamiento del sistema. Ya transferido el suero, este se calienta por medio de transferencia de calor del vapor en la chaqueta hasta llegar a una temperatura de 80°C. Es aquí donde se realiza el proceso de hilado, el cual consiste en sumergir pedazos de la cuajada en el suero caliente hasta que este se ablande lo suficiente como para poder estirarlo sin que se rompa. Este proceso ayuda a darle al queso mozzarella la consistencia y el brillo superficial del mismo.

Luego de hilar la cuajada, ya se tiene lo que es queso tipo mozzarella. Utilizando la base de 0.100 m³ de leche de búfala y 124 gramos de leche descremada en polvo por cada litro de leche de búfala, se obtienen 101.4Kg de queso mozzarella, equivalente a aproximadamente 223 libras de queso. Este debe ser moldeado en formas ovaladas y para ser depositadas inmediatamente en el tanque de salmuera. Este tanque se encuentra hecho de acero inoxidable con paredes redondeadas. Aquí es donde se realiza la mezcla de salmuera en la cual se utiliza una libra de sal por cada litro de agua utilizada. El agua utilizada es agua potable ya que tiene contacto directo con el producto y debe cumplir con la norma COGUANOR 29 001:99. Esta agua se encuentra a 4°C y

es bombeada desde el banco de hielo de la empresa por medio de una bomba centrífuga sanitaria marca WaukeshaCherry-Burrel, de acero inoxidable con 0.5KW de potencia, hasta el tanque de salmuera. Este tiene una capacidad de 0.030m³, está hecho de acero inoxidable con paredes redondeadas.

El queso mozzarella ya moldeado, debe permanecer en salmuera durante 2 horas. Es importante voltear los quesos y revolver periódicamente para tener un buen salado. Este proceso ayuda a reducir la proliferación de ciertas clases de bacterias y contribuye al sabor deseado del queso. Ya salado el queso, se procede a empacarlo. Se utiliza una empacadora al vacío marca Emplex con una presión de aire de 415-550KPa y una potencia de 2.5KW. Se utilizan dos bolsas de polipropileno para empacar cada libra de queso.

Ya empacado el queso en dos bolsas de polietileno para su sanidad, se lleva a cabo el proceso de refrigeración. Esta etapa se lleva a cabo en una refrigeradora marca Mabe (ya existente en la empresa), con una potencia de 0.25KW. Los quesos se mantienen a una temperatura de 2°C durante un día. Esto ayuda a mejorar su sabor y consistencia. Así mismo, es importante empacar el queso antes de ser refrigerado para evitar que su corteza se seque demasiado y mantenerlo alejado de cualquier tipo de contaminación. Respecto al consumo energético de la línea de producción, se tiene un valor de 31.8528KWh, lo cual no es muy grande debido a que la mayor parte del proceso utiliza únicamente vapor o agua fría. Entre los gastos de los servicios auxiliares, el mayor proviene de la utilización de la caldera. Esta funciona a partir de la producción de vapor saturado al calentar agua, para lo cual se utiliza diesel como combustible. La caldera opera a 620.53KPa (90psi) y consume un promedio de 4.5 galones de diesel por minuto, tomando en cuenta que el diesel es un producto que va en aumento es importante considerar la utilización de biogás como fuente de energía alterna para la caldera, aprovechando así la generación de biogás que se tiene en la empresa.

El análisis económico de la línea de producción presenta que teniendo un costo de producción por libra de Q30.63, vendiendo cada libra a Q40.00, y tomando en cuenta un aumento del 15% en el 5to año de producción y una inflación anual del 6%, se obtiene una tasa interna de retorno (TIR) de 96%, la cual es sumamente aceptable. Este valor representa que el proyecto es bastante rentable, ya que se tiene una muy buena utilidad. Es importante definir un precio de venta adecuado de acuerdo al precio del mercado para poder competir con las demás empresas. Así mismo, es importante tomar en cuenta que es un producto alimenticio y puede que no sea de la canasta básica pero si tiene bastante demanda y consumo en el país. Así mismo, la tasa obtenida no toma en cuenta el análisis completo de la empresa sino únicamente el de la línea de producción.

Así mismo, se obtuvo un valor actual de Q2, 593,999.36 del proyecto con una tasa de interés del 12%, el cual es bastante aceptable al ser comparado con el valor de la inversión inicial. Como se puede observar en el Cuadro No.38, el valor de los flujos de caja aumenta cada año, lo cual indica que los ingresos son mayores que los costos generados por la producción y el pago en salarios. La demanda del producto puede aumentar y con esto, se recomendaría evaluar si es necesaria una nueva inversión para expandir la línea de producción y así cubrir la necesidad y demanda presentada.

El análisis de sensibilidad realizado mostró que el proyecto puede sufrir una reducción de ventas de 21.75% y aun así seguir siendo rentable con una tasa interna de retorno de 18% y un valor actual neto de Q145, 556.32. Nuevamente, es un valor aceptable bajo las condiciones evaluadas. Esto puede ser causado porque el producto tiene muy buena demanda en el mercado. Así mismo, el parámetro de reducción de ventas permite visualizar que el proyecto en realidad es muy rentable y como puede observarse en el Cuadro No. 2 de los resultados, el periodo de recuperación de la inversión es de 2 años, lo cual el implica que es un proyecto sumamente rentable.

IX. CONCLUSIONES

1. Se utilizan 0.124Kg de leche descremada en polvo con 35% de proteína como extensión láctica para el proceso.
2. Se utiliza el cultivo STM5 de CHR Hansen para inocular la leche.
3. El cuajo utilizado es Cuamase Maximum de CHR Hansen y se emplean 0.05mL por cada litro de leche a procesar.
4. El vapor saturado es generado en una caldera pirotubular ya existente en la empresa.
5. El agua fría utilizada para el enfriamiento en la cuba y el agua para la salmuera, proviene del banco de hielo de la empresa a una temperatura de 4°C.
6. Se utilizan dos bombas centrífugas sanitarias marca Waukesha Cherry-Burrell, modelo 2045, de acero inoxidable. Con una potencia de 0.38KW y 60% eficiencia. Una para bombear la leche de la marmita a la cuba y la otra para bombear el agua del banco de hielo al tanque de salmuera.
7. Se utiliza una marmita de acero inoxidable ya existente en la empresa. Posee un diseño de media esfera, chaqueta para vapor saturado y un agitador de paletas Drive con 0.19KW.
8. La cuba tiene una capacidad de 0.120 m³. Posee un diseño cúbico rectangular. Está hecha de acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro. Posee una chaqueta y un serpentín de 0.0254m (1in) de diámetro en acero inoxidable, para agua fría y vapor saturado, respectivamente.
9. El tanque de hilado tiene una capacidad de 0.010m³. Posee un diseño cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro, acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor. Posee una chaqueta para vapor saturado.
10. El tanque de salmuera tiene una capacidad de 0.030m³. Posee un diseño cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro, acero inoxidable 316 de 0.003175m (1/8") de grosor.
11. La empacadora al vacío es marca Emplex. Posee un panel de control digital con pantalla LCD. Funciona por medio de una bomba eyectora de vacío. Utiliza presión de aire entre 415-550KPa. Pesa 35Kg. Tiene una potencia de 2.5KW y utiliza voltaje de 110V.

12. La refrigeradora utilizada ya se tiene en la empresa. Es marca Mabe, tiene una capacidad de 5.8m^3 . Posee refrigerador y congelador con control de temperatura y de humedad. $T_{\text{Mínima}}$ Refrigerador: 2°C . $T_{\text{Mínima}}$ Congelador: -14°C . Posee una potencia de 0.25KW y utiliza voltaje de 120V .
13. El costo de materia prima para una libra de queso mozzarella es de $\text{Q}9.64$
14. El costo de producción de una libra de queso mozzarella es de $\text{Q}30.63$
15. El precio de venta por libra de queso mozzarella es de $\text{Q}40.00$
16. La inversión inicial para la realización del proyecto es de $\text{Q}392,461.96$
17. El capital de trabajo en base a la inversión inicial es de $\text{Q}19,623.10$
18. La tasa interna de retorno (TIR) del proyecto es 96% , analizada durante un periodo de evaluación de 10 años.
19. El valor actual neto del proyecto es de $\text{Q}2,593,999.36$, analizado durante un periodo de evaluación de 10 años, con una tasa de interés de 18%
20. El periodo de recuperación del capital es de 2 años.
21. Las ventas se pueden reducir en un 21.75% y el proyecto sigue siendo rentable, con una tasa interna de retorno de 18% y un valor actual neto de $\text{Q}145,556.32$

X. RECOMENDACIONES

1. Medir el cambio de acidez a lo largo del proceso para poder tener un mejor control del tiempo de acidificación y poder minimizar el tiempo de producción.
2. Utilizar el suero obtenido del proceso para la fabricación de otros productos lácteos, tales como el requesón o helados. Así mismo, este podría ser utilizado para realizar bebidas de proteína para atletas mediante un proceso de secado por spray.
3. Evaluar diferentes proveedores locales y extranjeros para las materias primas para obtener menores y mejores precios.
4. Poner a funcionar la caldera ya existente en la empresa, adaptarla a las necesidades energéticas de la línea de producción.
5. Realizar un análisis económico para evaluar si el funcionamiento de la caldera no tiene un gran impacto en los costos de la línea de producción, sino considerar utilizar un calderín como fuente de vapor.
6. Adaptar la caldera para que esta funcione con biogás en un futuro, para aprovechar la producción de este y disminuir los costos de producción.
7. Utilizar un recubrimiento de fibra de vidrio para la tubería de vapor con el fin de disminuir pérdidas energéticas y mantener una buena eficiencia.
8. Evaluar la utilización de un cultivo líquido, preparado o una combinación de cultivos y realizar pruebas con los mismos para determinar si mejora el rendimiento de la producción.
9. Posicionar el tanque de suero a menor altura que la cuba para que el suero caiga por gravedad al ser transferido al tanque de hilado.
10. Realizar un estudio de efluentes de la línea de producción y evaluar la necesidad de una línea de tratamiento de desechos líquidos.
11. Evaluar la línea de producción para poder obtener una certificación de calidad.

12. Evaluar la línea de producción de queso tipo mozzarella para su utilización para la producción de quesillo y tener un mejor aprovechamiento de la misma.
13. Las paredes del área de producción deben tener esquinas redondeadas para tener un mejor control de limpieza.
14. Realizar un análisis económico tomando en cuenta los procesos alternos a la línea de producción.
15. Realizar un estudio de mercado para observar las tendencias de los consumidores.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. AISI (American Iron and Steel Institute), 2010. Steel Glossary.
2. Barbera, S. 2005. "Teoría de las bombas". Bomba centrífuga. Obtenido de Internet en: <http://www.savinobarbera.com/espanol/teoria.html>
3. Cockrill, F. 1989 "Fundamentos de Tecnología Láctea". Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág.340
4. Codex Alimentarius. 1969. "Principios Generales de Higiene de los Alimentos". Guatemala. Fecha de Consulta: 10/07/2012. Obtenido de Internet en: <http://www.codexalimentarius.org/standards/list-of-standards/en/>
5. Dilanjan, S. 1984. "Fundamentos de la Elaboración del Queso". Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág. 53
6. Jiménez, H. 1986 "El búfalo de agua en la agropecuaria mundial." Serie N° 02. Facultad de Agronomía UNAP. Pág.10.
7. Mahaut, M. 2003. "Introducción a la Tecnología Quesera". Editorial Acribia. Zaragoza, España. Págs 22-27.
8. McCabe, W. 2007. "Operaciones unitarias en Ingeniería química". Séptima edición. Pp. 220
9. Ministerio de Economía y Comercio (MINECO), et. al. 2003. "Reglamento Técnico Centroamericano 67.01.33:06". Guatemala. Pp. 12-13
10. Ordoñez, Carlos. 2009. "Implementación de la Norma HACCP para una Empresa Productora de Envases PET". Guatemala. Trabajo de Graduación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Págs. 14-15.
11. Perry, R., et al. MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO. 6a Edición. Editorial McGraw-Hill. México (1992). Tomo I. Páginas 9-72 a 9-105.
12. Scholz, W. 1995. "Elaboración de Quesos de Oveja y de Cabra". Editorial Acribia. Zaragoza, España. Págs. 18-20.
13. Scott, R. 2002. "Fabricación de Queso". Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág.202.

14. Silva Rodríguez, Francisco; José Emilio Sanz Aragonés (1997). *“Los plásticos. Tecnología industrial”*. Primera edición. Aravaca (Madrid, España): McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U.. pp. 164-171
15. TLV. 2012. *“Tipos de vapor de Agua”*. Obtenido de Internet en: www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-steam.html
16. Veiseyre, R. 1990. *“Lactología Técnica I.”* Acribia. Zaragoza. España. Pág.646.
17. Walstra, P. 2001. *“Ciencia de la Leche y Tecnología de los Productos Lácteos”*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. Pág. 551-553.

XII. APÉNDICE

A. Diagramas del proceso

Figura No. 6: Línea de producción de queso mozzarella

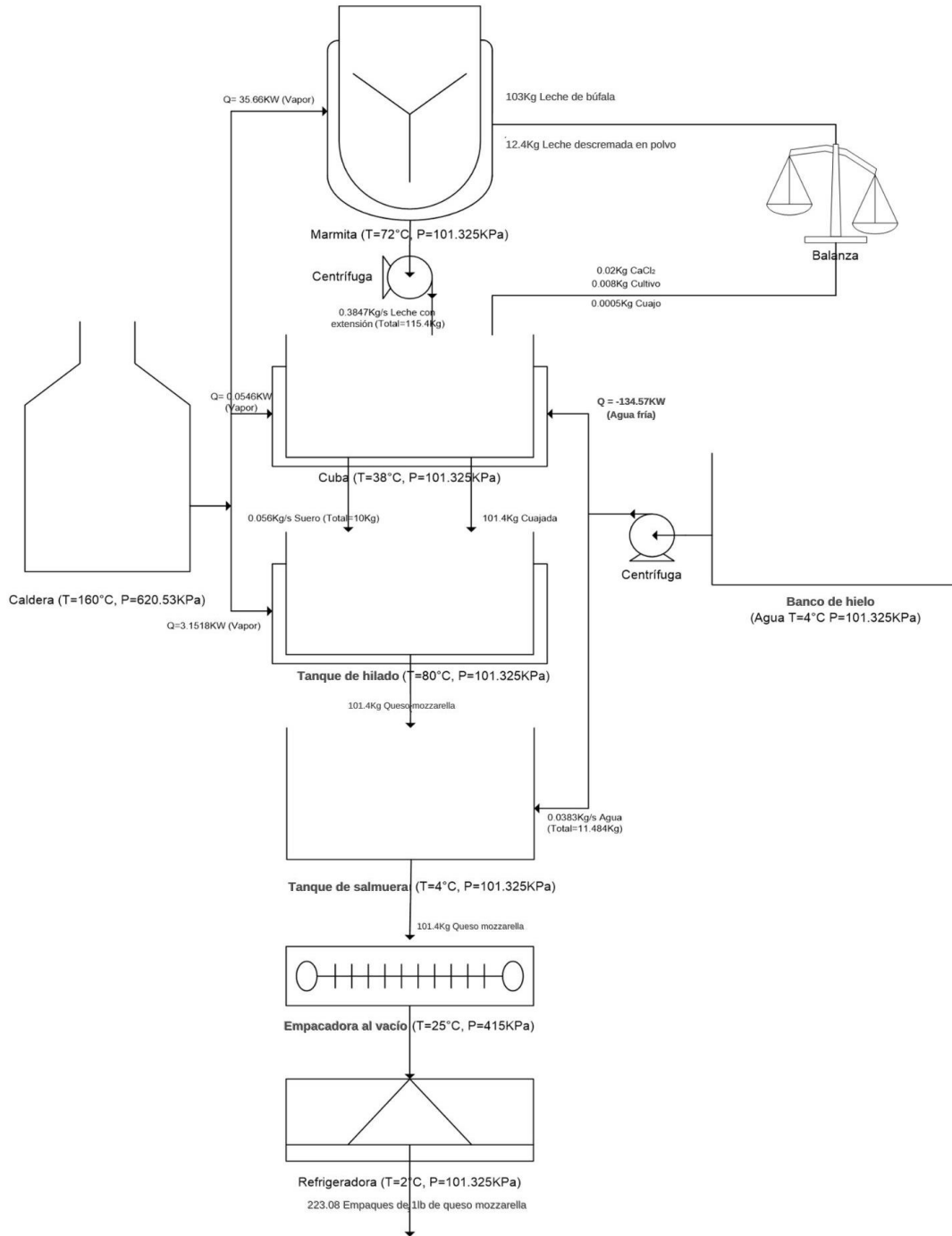


Figura No. 7: Diagrama de operaciones unitarias en la línea de producción de queso mozzarella

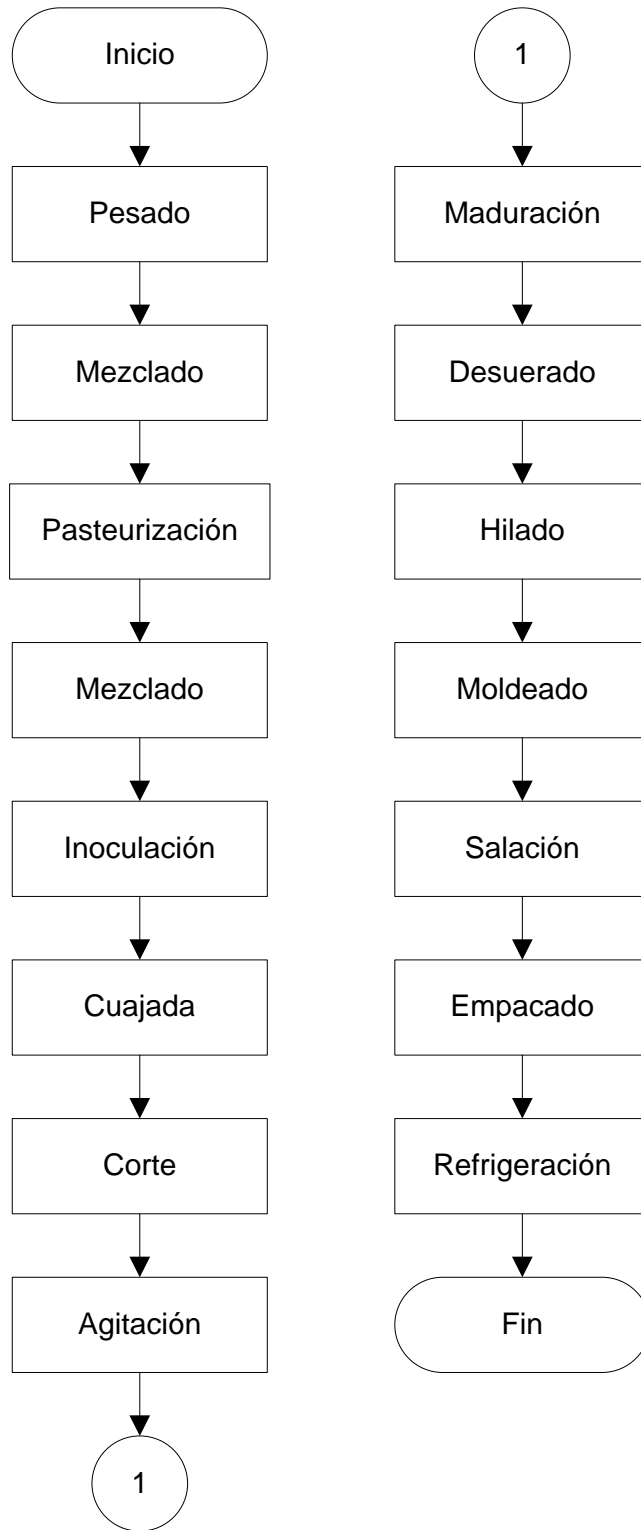
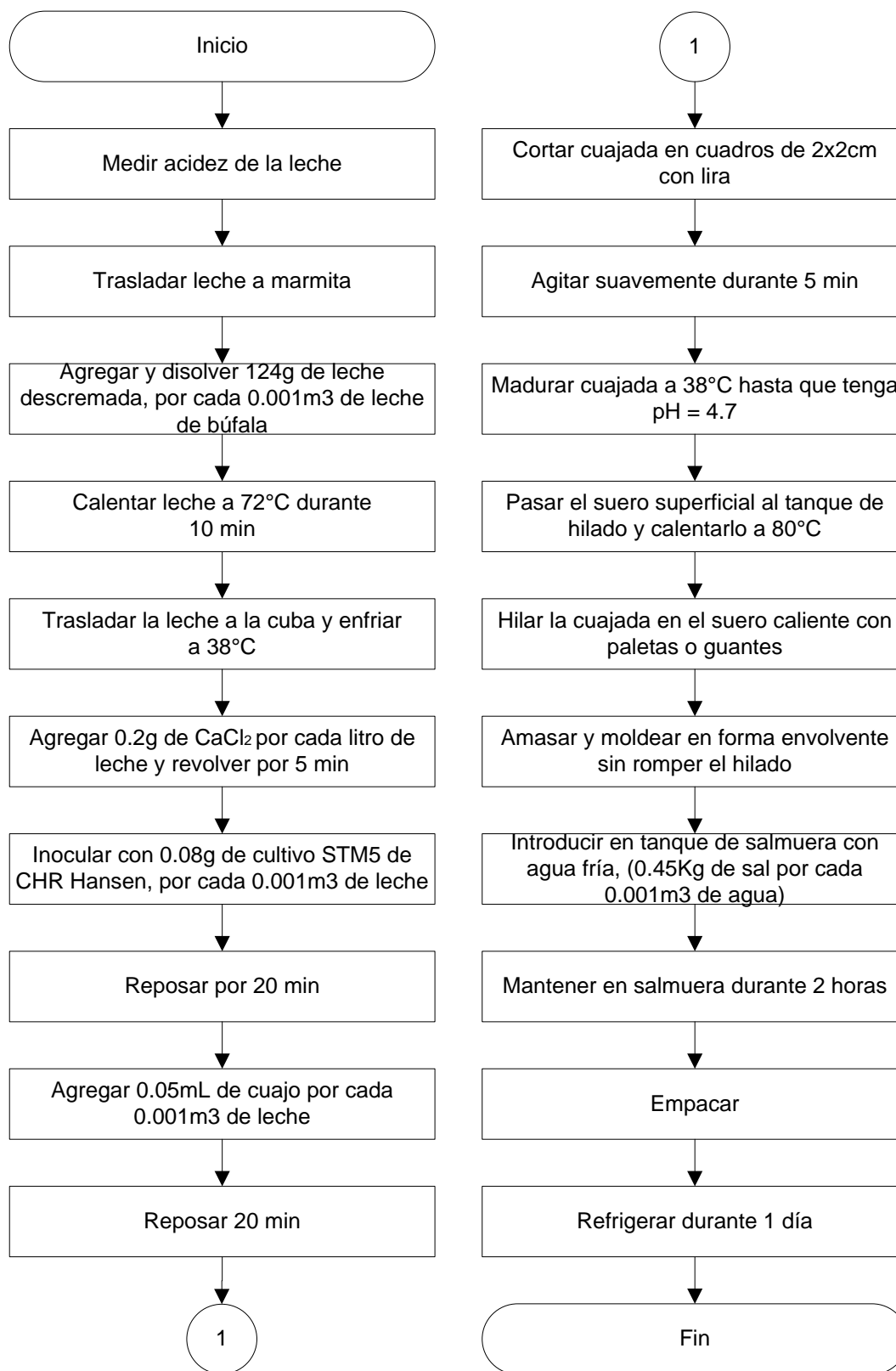


Figura No. 8: Diagrama de bloques del proceso de elaboración de queso mozzarella



Cuadro No. 9: Diagrama de actividades y tiempos según simbología ASME

Número de actividad	Actividad	Operación	Transporte	Inspección	Demora	Almacenaje	Tiempo (min)	Número de personas	
1	Recepción de materia prima	○	➡	□	D	▽	---	1	
2	Análisis de materia prima (acidez)	○	➡	■	D	▽	5	1	
3	Pesado de materia prima	●	➡	□	D	▽	10	1	
4	Mezclado	●	➡	□	D	▽	10	1	
5	Pasteurización	●	➡	□	D	▽	10		
6	Enfriamiento	●	➡	□	D	▽	2		
7	Inoculación	●	➡	□	D	▽	20		
8	Cuajada	●	➡	□	D	▽	20		
9	Corte	●	➡	□	D	▽	5		
10	Agitación	●	➡	□	D	▽	5		
11	Maduración	●	➡	□	D	▽	240		
12	Desuerado	●	➡	□	D	▽	3		
13	Hilado	●	➡	□	D	▽	10		
14	Moldeado	●	➡	□	D	▽	10		
15	Salación	●	➡	□	D	▽	120		
16	Empacado	●	➡	□	D	▽	225		1
17	Refrigeración (almacenamiento)	○	➡	□	D	▼	1440		

B. Equipo de la línea de producción

Cuadro No. 10: Especificaciones marmita

Equipo	Dimensiones				Capacidad (m ³)	Potencia (KW)	Material	Descripción
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Diámetro redondeado (m)				
Marmita	0.3700	0.7300	0.3700	---	0.100	0.25	Acero inoxidable	Tanque de media esfera. Posee una chaqueta para ser utilizada con vapor saturado. Utiliza un agitador de paletas.

Figura No. 9: Vista frontal marmita

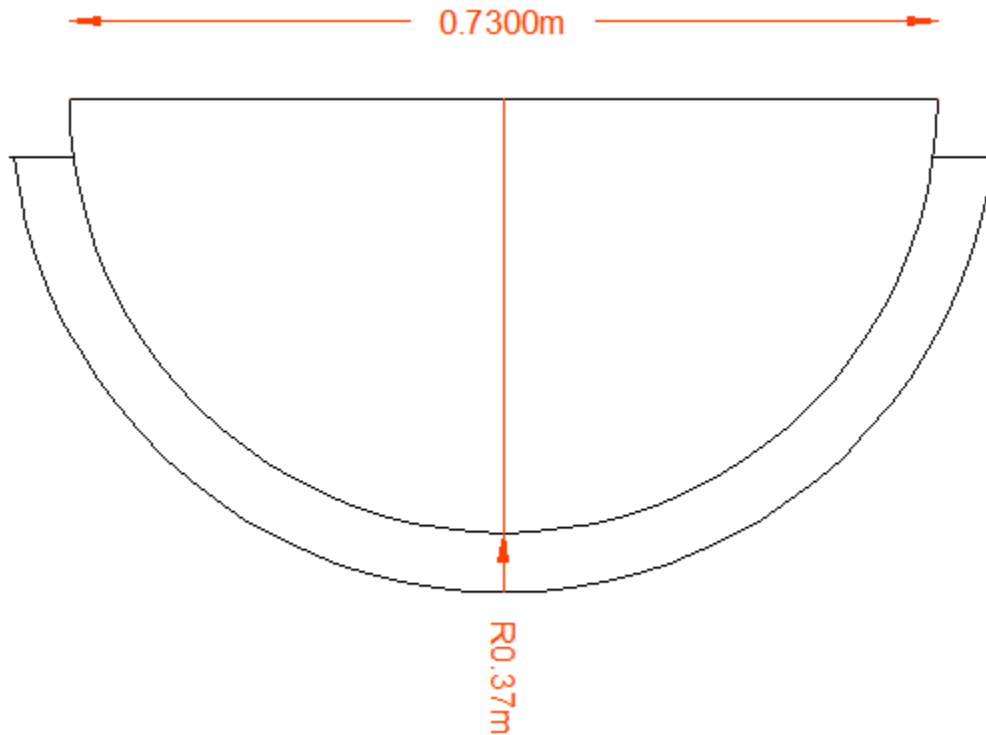
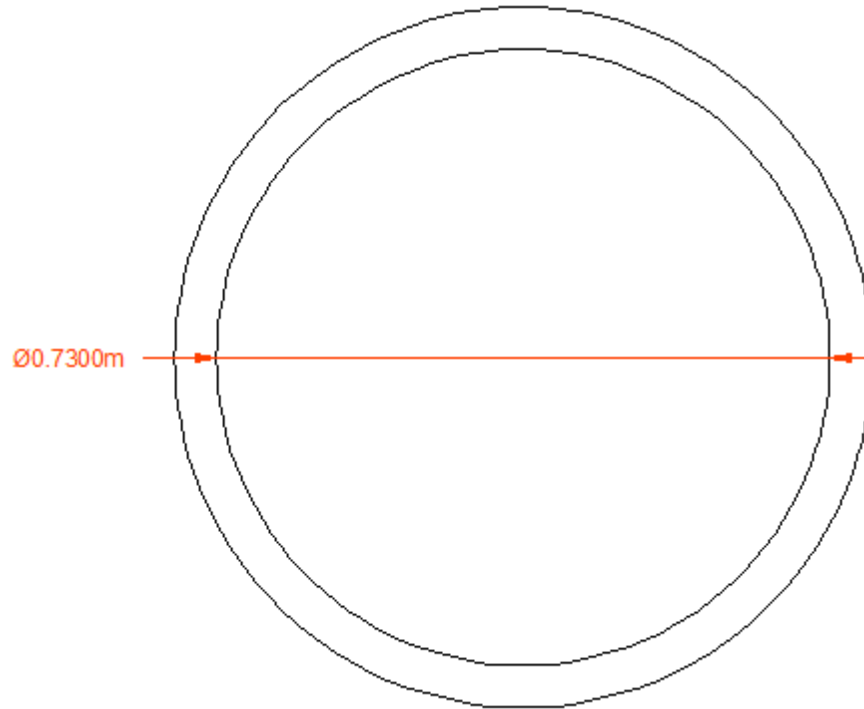


Figura No. 10: Vista aérea marmita



Cuadro No. 11: Especificaciones cuba

Equipo	Dimensiones				Capacidad (m ³)	Material	Descripción
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Diámetro redondeado (m)			
Cuba	0.7900	0.3950	0.3950	0.0381	0.120	Acero inoxidable	Tanque cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro. Posee una chaqueta y un serpentín de 0.0254m (1in) de diámetro en acero inoxidable, para agua fría y vapor saturado, respectivamente.

Figura No. 11: Vista frontal por dentro de chaqueta cuba

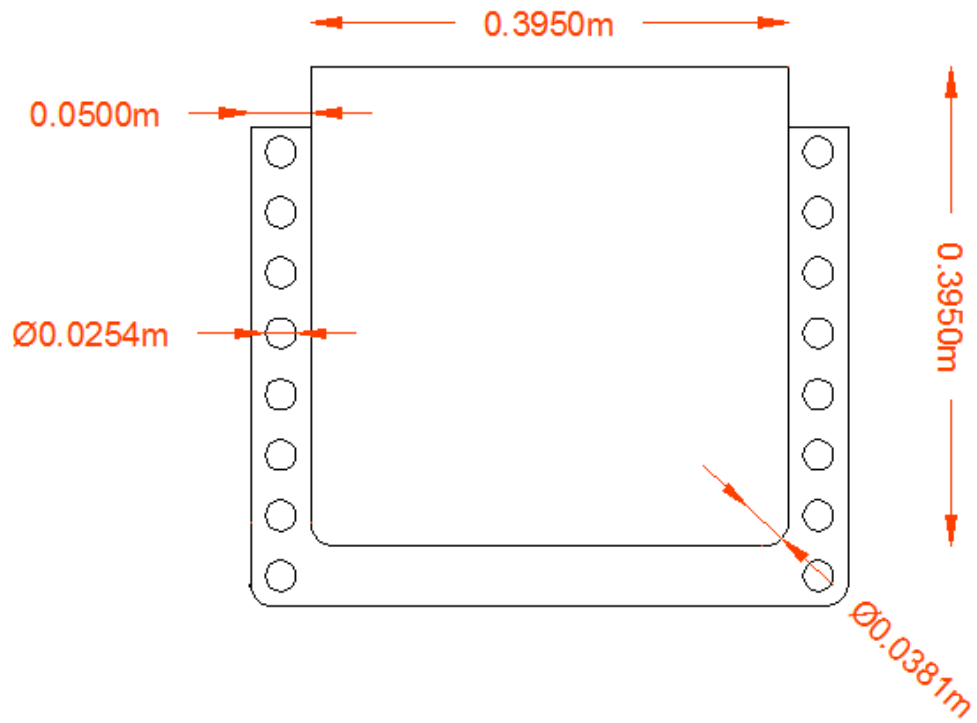


Figura No. 12: Vista frontal cuba

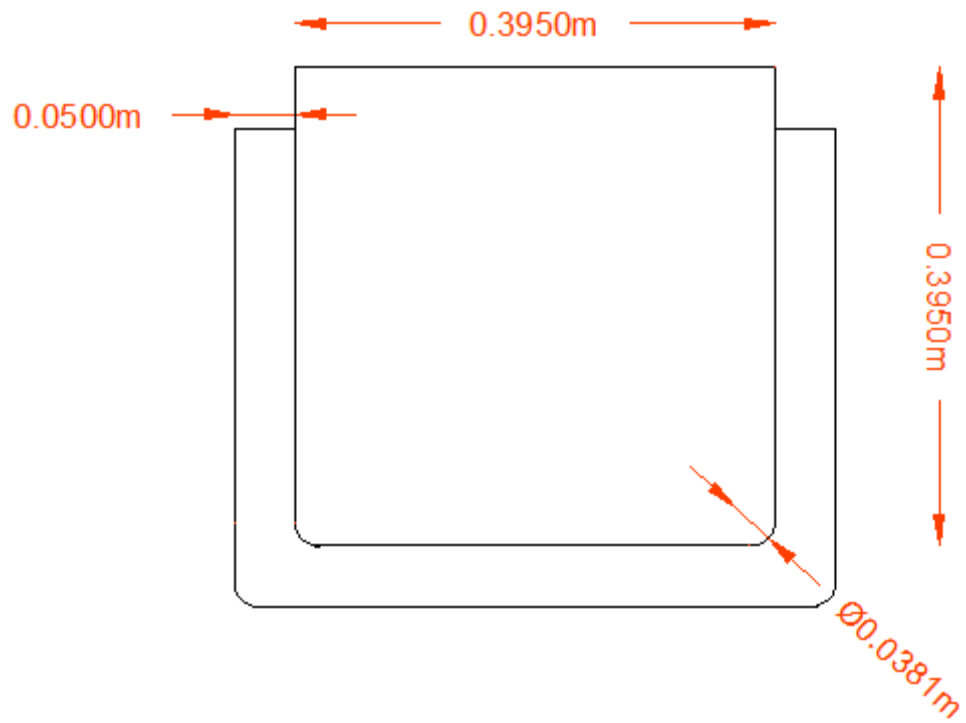


Figura No. 13: Vista lateral cuba

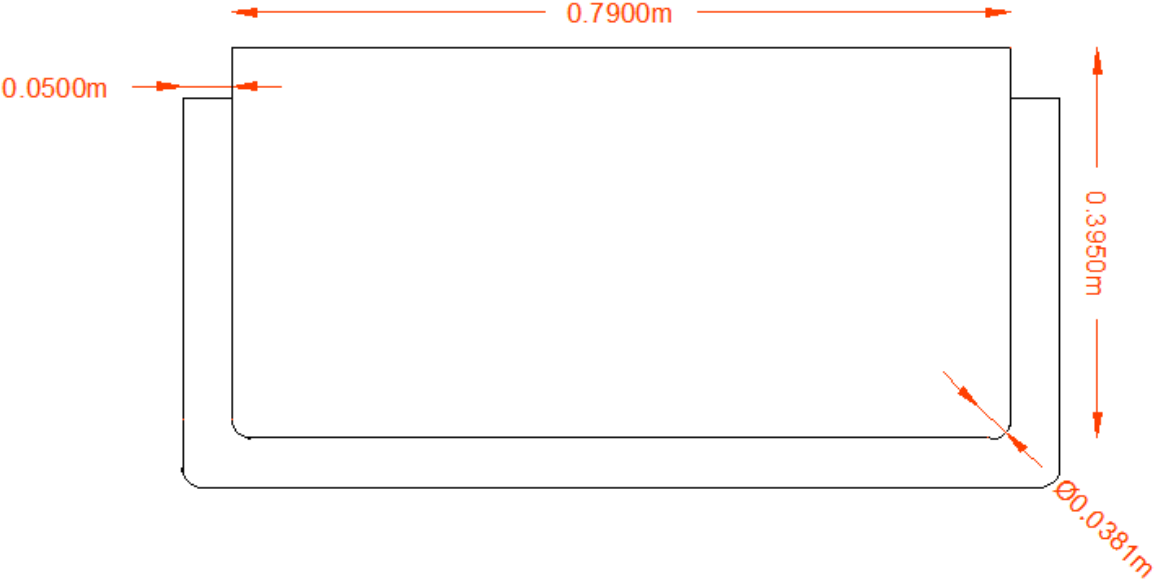
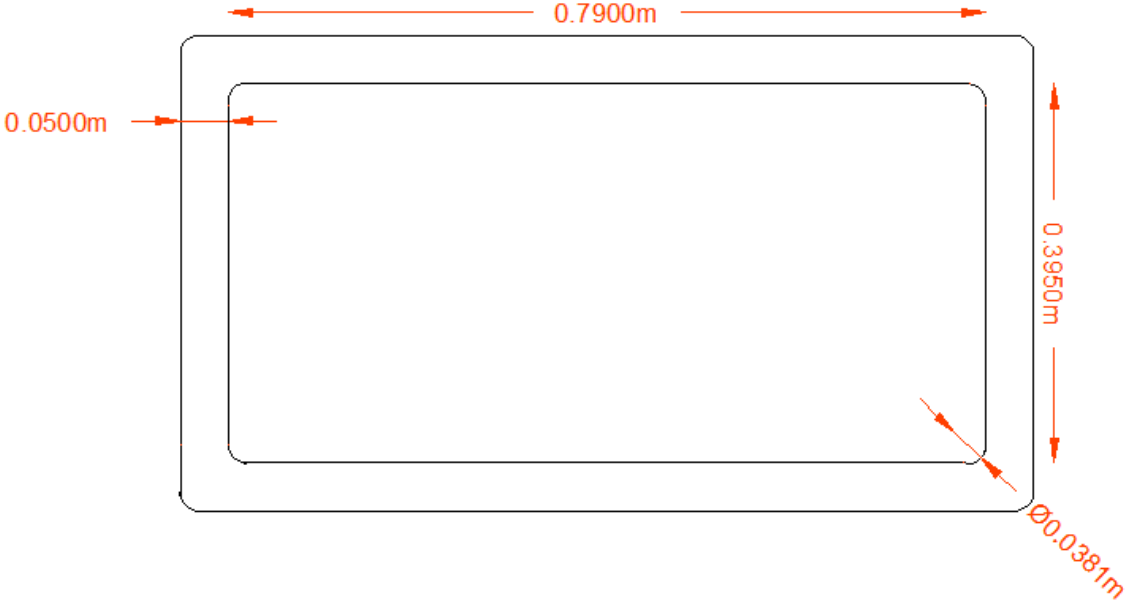


Figura No. 14: Vista aérea cuba



Cuadro No. 12: Especificaciones tanque de hilado

Equipo	Dimensiones				Capacidad (m ³)	Material	Descripción
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Diámetro redondeado (m)			
Tanque de hilado	0.3534	0.1767	0.1767	0.0381	0.010	Acero inoxidable	Tanque cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro. Posee una chaqueta para vapor saturado.

Figura No. 15: Vista frontal tanque hilado

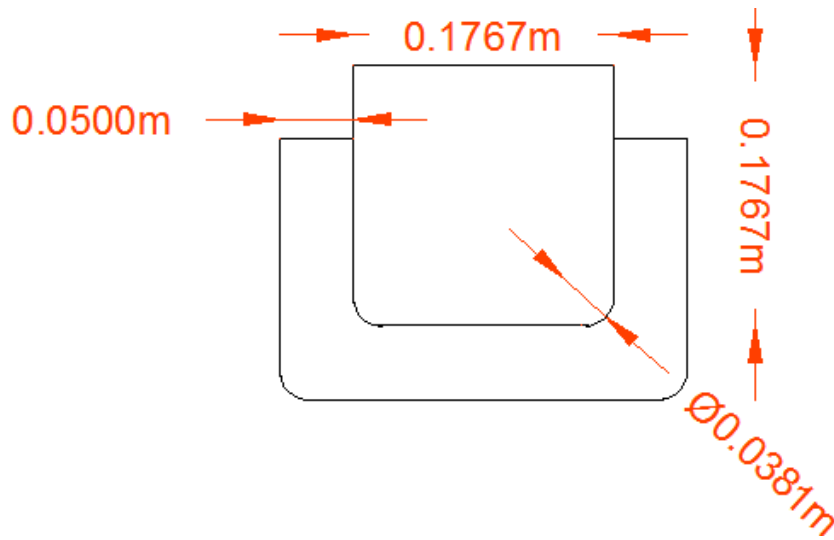


Figura No. 16: Vista lateral tanque hilado

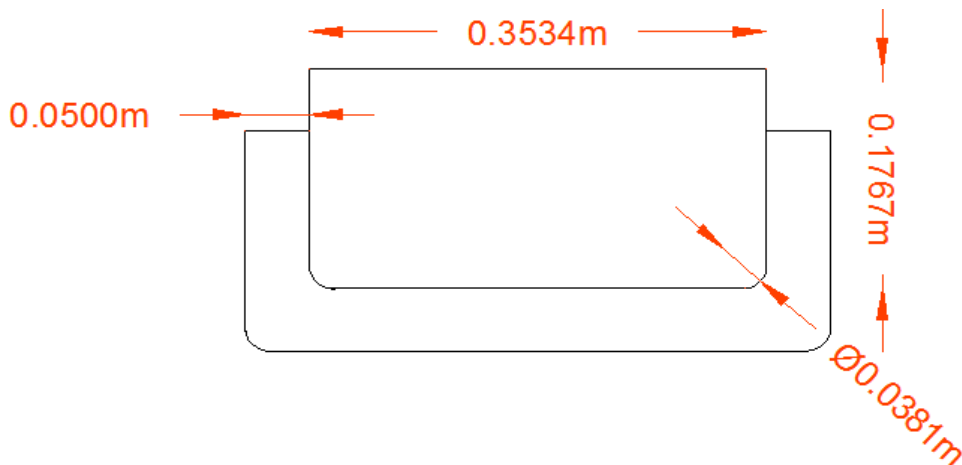
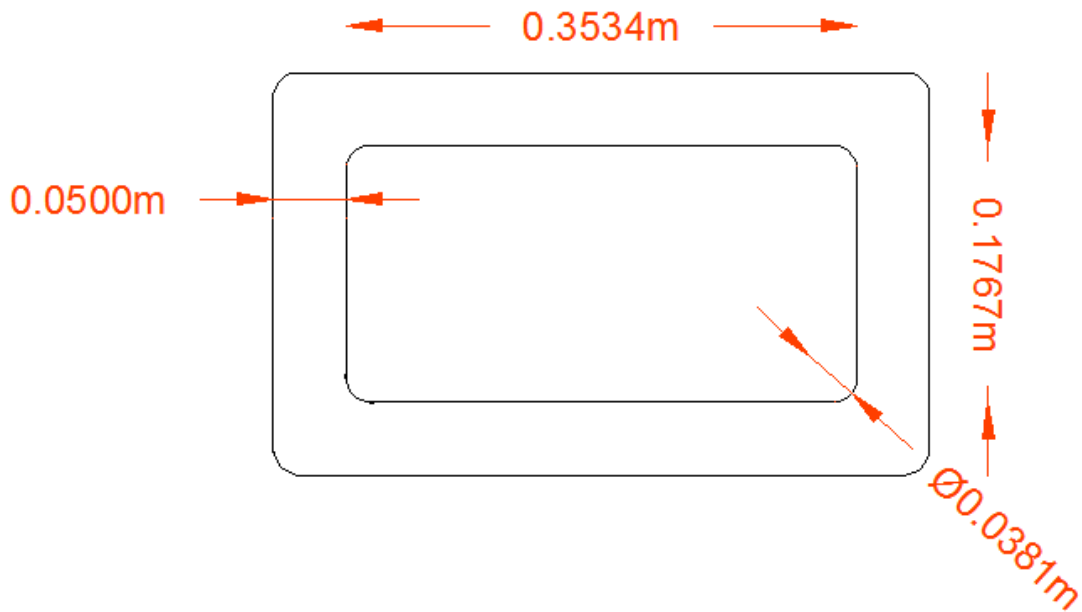


Figura No. 17: Vista aérea tanque hilado



Cuadro No. 13: Especificaciones tanque de salmuera

Equipo	Dimensiones				Capacidad (m ³)	Material	Descripción
	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Diámetro redondeado (m)			
Tanque de salmuera	0.5094	0.2547	0.2547	0.0381	0.030	Acero inoxidable	Tanque cúbico rectangular con esquinas redondeadas con 0.0381m (1.5in) de diámetro.

Figura No. 18: Vista frontal tanque salmuera

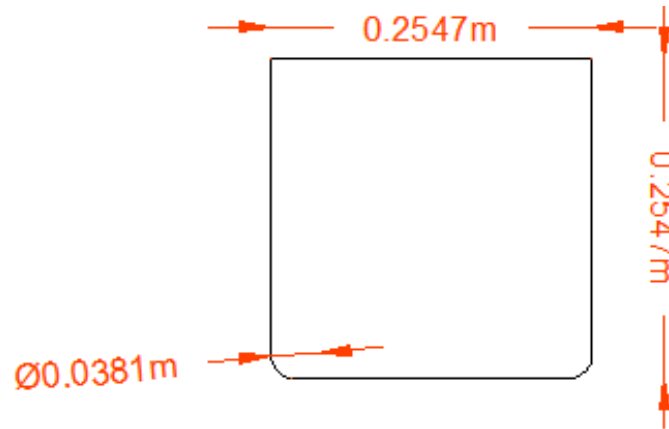


Figura No. 19: Vista lateral tanque salmuera

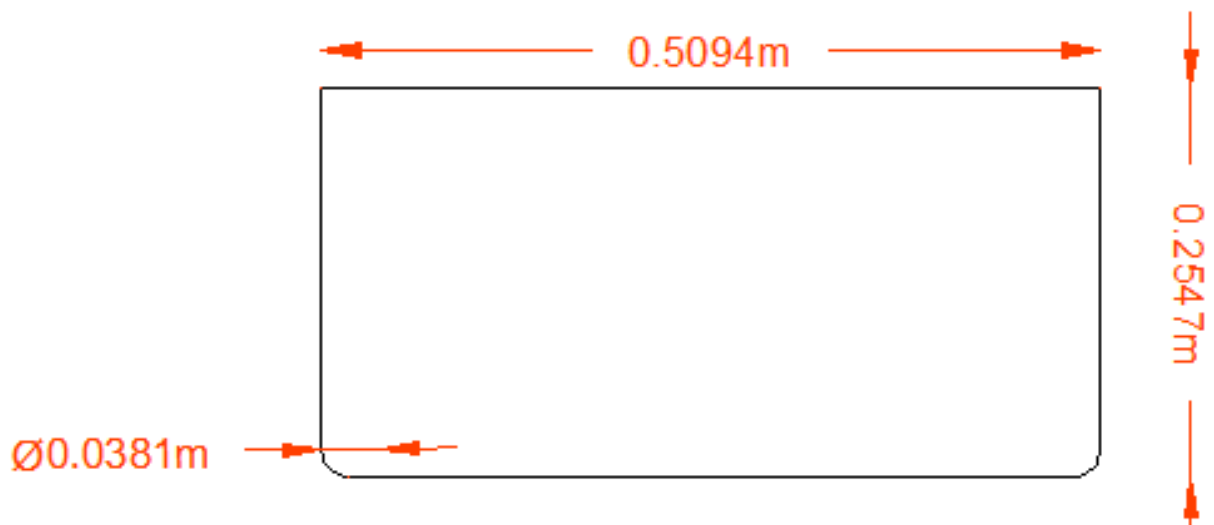
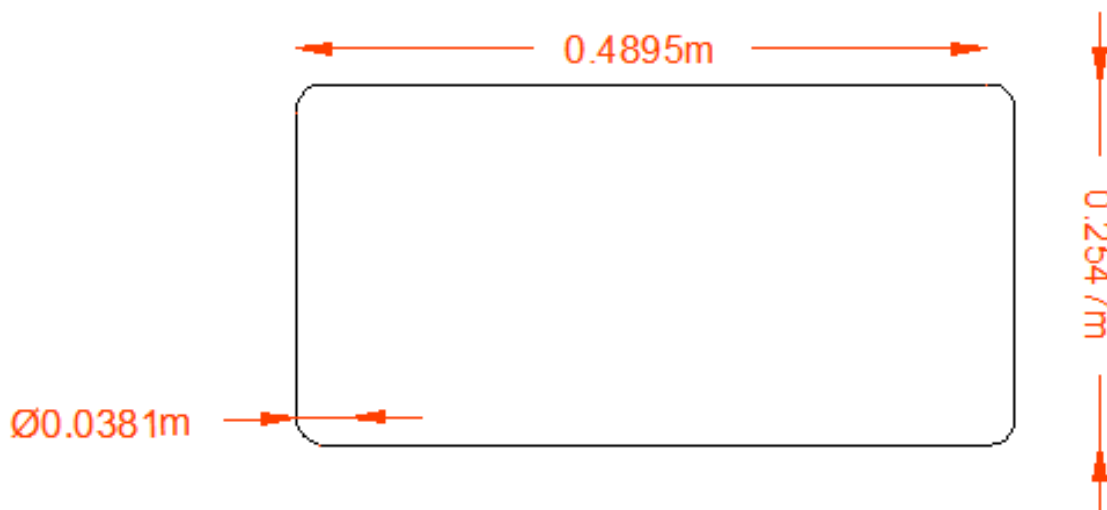


Figura No. 20: Vista aérea tanque salmuera



Cuadro No. 14: Especificaciones empacadora al vacío

Equipo	Marca	Largo de sello (m)	Presión de aire (KPa)	Potencia (KW)	Descripción
Empacadora al vacío	Emplex	0.45	415-550	2.5	Posee un panel de control digital con pantalla LCD. Funciona por medio de una bomba eyectora de vacío. Pesa 35Kg.

Cuadro No. 15: Especificaciones refrigerador

Equipo	Marca	Capacidad (m ³)	T _{Mínima} Refrigerador (°C)	T _{Mínima} Congelador (°C)	Potencia (KW)	Descripción
Refrigerador	Mabe	5.8	2	-14	0.25	Refrigerador y congelador color grafito. Posee dos perillas, para control de temperatura y de humedad.

Cuadro No. 16: Especificaciones bombas del proceso

Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	Potencia (KW)	Eficiencia (%)	Descripción
Bomba centrífuga	Waukesha Cherry-Burrel	2045	2	0.5	60	Bomba centrífuga sanitaria, de acero inoxidable. Es utilizada para alimentos.

C. Descripción del producto

Cuadro No. 17: Características del queso mozzarella producido

Característica	Descripción
Forma	Ovalada
Color	Crema
Olor	Característico
Sabor	Característico
Consistencia	Semidura
Empaque	Bolsas plásticas de polietileno de baja densidad, al vacío

D. Especificaciones del agua a utilizar (agua potable, COGUANOR 29 001:99)

Cuadro No. 18: Características sensoriales, Límite Máximo Aceptable (LMA) y Límite Máximo Permisible (LMP) que debe tener el agua potable

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)

1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto

2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

Cuadro No. 19: Sustancias químicas con su correspondiente Límite Máximo Aceptable y Límite Máximo Permisible (LMP)

Características	LMA	LMP
Cloro residual libre (1)(2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1,500 μ S/cm
Dureza total (CaCO ₃)	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencia de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1,000.0 mg/L
Sulfato (SO ₄ ⁻)	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0 C-25 C	34.0 C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Zinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 min de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de *Escherichia coli* ciertos virus.

2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevelezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.

3) En unidades de pH.

E. Especificaciones de materia prima para el producto

Cuadro No. 20: Materia prima utilizada por cada 0.001m³ de leche

Materia Prima	Marca	Cantidad	Dimensionales	Especificaciones
Leche de búfala	---	0.001	m ³	Debe ser fresca. Aproximadamente con un contenido de grasa y proteína de 8.54% y 3.52%, respectivamente.
Leche descremada	Dos Pinos	124	Gramos	Posee 35% de proteína y 0.1% de grasa.
Cloruro de calcio	CHR Hansen	0.2	Gramos	Sólido blanco, granulado.
Cultivo	CHR Hansen	0.08	Gramos	STM5 (<i>Streptococcus thermophilus</i>), congelado.
Cuajo	CHR Hansen	0.05	mL	Cuamase, Maximum. Cuajo líquido.
Sal	Rama Blanca	0.45	Kg	Yodada.

F. Especificaciones de tuberías para la línea de producción

Cuadro No. 21: Información de la tubería para la marmita

Equipo	Material a transportar	Tiempo (min)	Volumen (L)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	Radio tubería (in)	Material de tubería
Marmita	Leche	5	100.00	3.33E-04	1.00	0.50	Acero inoxidable
	Vapor	10	3,155.21	5.26E-03	1.00	2.00	Acero al carbón

Cuadro No. 22: Información de la tubería para la cuba

Equipo	Material a transportar	Tiempo (min)	Volumen (L)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	Radio tubería (in)	Material de tubería
Cuba	Leche	2	112.04	9.34E-04	1.00	0.75	Acero inoxidable
	Agua Fría	2	113.47	9.46E-04	1.00	0.75	Acero inoxidable
	Vapor	290	138.99	7.99E-06	1.00	0.25	Acero al carbón

Cuadro No. 23: Información de la tubería para el tanque de hilado

Equipo	Material a transportar	Tiempo (min)	Volumen (L)	Caudal (m3/s)	Velocidad (m/s)	Radio tubería (in)	Material de tubería
Tanque de hilado	Suero	3	10.00	5.56E-05	1.00	0.25	Acero inoxidable
	Vapor	10	278.88	4.65E-04	1.00	0.50	Acero al carbón

Cuadro No. 24: Información de la tubería para el tanque de salmuera

Equipo	Material a transportar	Tiempo (min)	Volumen (L)	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Radio tubería (in)	Material de tubería
Tanque de salmuera	Agua fría	5	11.48	3.83E-05	1.00	0.25	Acero inoxidable

G. Datos experimentales

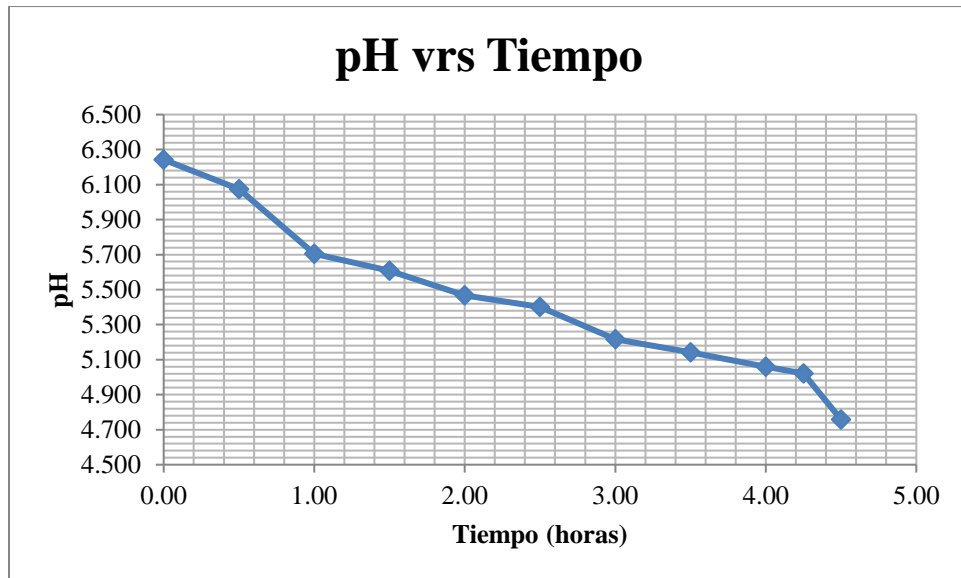
Cuadro No. 25: Análisis de grasa, sólidos no solubles, agua y proteína en la leche de búfala

Muestra	Grasa (%)	SNF	H ₂ O	Proteína
1	8.90	9.66	80.95	3.53
2	8.46	9.61	80.95	3.51
3	8.55	9.66	80.95	3.53
4	8.45	9.57	80.95	3.49
5	8.53	9.64	80.95	3.52
6	8.48	9.61	80.95	3.51
7	8.42	9.70	0.00	3.54
Promedio	8.54	9.64	69.39	3.52

Cuadro No. 26: Comportamiento del pH de la cuajada respecto al tiempo

Tiempo (horas)	pH
0.00	6.243
0.50	6.075
1.00	5.704
1.50	5.608
2.00	5.467
2.50	5.402
3.00	5.218
3.50	5.141
4.00	5.060
4.25	5.021
4.50	4.758

Figura No. 21: Comportamiento del pH de la cuajada respecto al tiempo



H. Análisis económico

Cuadro No. 27: Prestaciones laborales

Prestación	Porcentaje
IGGS	10.67%
IRTRA	1.00%
INTECAP	1.00%
Aguinaldo	8.33%
Bono 14	8.33%
Pasivo laboral	8.33%
Otros	8.33%

Cuadro No. 28: Costo de personal

Puesto	Cantidad	Salario base	Costo anual por persona	Costo total anual por puesto
Operario	3	Q 2,250.00	Q 43,801.00	Q 131,403.00
Analista	1	Q 3,000.00	Q 56,941.30	Q 56,941.30
Técnico	2	Q 6,000.00	Q 109,502.50	Q 219,005.00
Vendedores	2	Q 6,000.00	Q 109,502.50	Q 219,005.00
Supervisor	1	Q 8,000.00	Q 144,560.82	Q 144,560.82

Cuadro No. 29: Prestaciones laborales del personal

Puesto	Bonificación	Salario mensual	Salario anual	IGGS	IRTRA	INTECAP	Aguinaldo	Bono 14	Pasivo laboral	Otros
Operario	Q250.00	Q2,500.00	Q30,000.00	Q3,201.00	Q300.00	Q300.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00	Q2,500.00
Analista	Q250.00	Q3,250.00	Q39,000.00	Q4,161.30	Q390.00	Q390.00	Q3,250.00	Q3,250.00	Q3,250.00	Q3,250.00
Técnico	Q250.00	Q6,250.00	Q75,000.00	Q8,002.50	Q750.00	Q750.00	Q6,250.00	Q6,250.00	Q6,250.00	Q6,250.00
Vendedores	Q250.00	Q6,250.00	Q75,000.00	Q8,002.50	Q750.00	Q750.00	Q6,250.00	Q6,250.00	Q6,250.00	Q6,250.00
Supervisor	Q250.00	Q8,250.00	Q99,000.00	Q10,563.30	Q990.00	Q990.00	Q8,250.00	Q8,250.00	Q8,250.00	Q8,250.00

Cuadro No. 30: Costos de equipo

Equipo	Cantidad	Costo (\$)	Costo (Q)	IVA	Instalación	Instrumentación	Tubería	Sistema eléctrico	Costo total
Caldera	0	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Banco de hielo	0	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Marmita	0	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Cuba	1	Q10,207.65	Q80,640.45	Q9,676.85	Q12,096.07	Q8,064.04	Q16,128.09	Q10,483.26	Q137,088.76
Tanque de hilado	1	Q2,836.88	Q22,411.32	Q2,689.36	Q3,361.70	Q2,241.13	Q4,482.26	Q2,913.47	Q38,099.24
Tanque de salmuera	1	Q5,078.26	Q40,118.22	Q4,814.19	Q6,017.73	Q4,011.82	Q8,023.64	Q5,215.37	Q68,200.97
Empacadora al vacío	1	Q7,800.00	Q61,620.00	Q7,394.40	Q9,243.00	Q6,162.00	Q12,324.00	Q8,010.60	Q104,754.00
Refrigeradora	1	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Bombas centrífugas	2	Q1,650.00	Q26,070.00	Q3,128.40	Q3,910.50	Q2,607.00	Q5,214.00	Q3,389.10	Q44,319.00
Costo total equipo									Q392,461.96

Cuadro No. 31: Porcentaje de costo con base en el equipo

Impuesto (IVA)	12%
Instalación	15%
Instrumentación	10%
Tubería	20%
Sistema eléctrico	13%

Cuadro No. 32: Índice Marshall

Índice de Marshall	Índice tabla
1720	1000

Cuadro No. 33: Costo equipo diseñado

Equipo	Capacidad (m³)	Material	Costo unitario	Al 2012
Cuba	0.1232	Acero Inoxidable	\$ 5,934.68	\$ 10,207.65
Tanque de hilado	0.011	Acero Inoxidable	\$ 1,649.35	\$ 2,836.88
Tanque de salmuera	0.033	Acero Inoxidable	\$ 2,952.47	\$ 5,078.26

Cuadro No. 34: Depreciación de equipo (Método SMARC)

Año	%	Depreciación	Valor en libros
0	0.00%	Q0.00	Q11,291.07
1	10.00%	Q1,129.11	Q10,161.97
2	18.00%	Q1,829.15	Q8,332.81
3	14.40%	Q1,199.93	Q7,132.89
4	11.52%	Q821.71	Q6,311.18
5	9.22%	Q581.89	Q5,729.29
6	7.37%	Q422.25	Q5,307.04
7	6.55%	Q347.61	Q4,959.43
8	6.55%	Q324.84	Q4,634.59
9	6.55%	Q303.57	Q4,331.02
10	6.55%	Q283.68	Q4,047.34
11	3.29%	Q133.16	Q3,914.18

Cuadro No. 35: Consumo y costo de energía eléctrica

Equipo	Potencia (KW)	Tiempo de operación (h)	Consumo por lote (KWh)
Caldera	0.35	5.17	1.8095
Banco de hielo	1.5	8	12.0000
Marmita	0.25	0.3333	0.0833
Cuba	0	0	0.0000
Tanque de hilado	0	0	0.0000
Tanque de salmuera	0	0	0.0000
Empacadora al vacío	2.5	3.75	9.3750
Refrigeradora	0.25	24	6.0000
Bombas centrífugas	0.5	0.17	0.0850
Laboratorio (análisis)	0.5	5	2.5
Total			31.8528
Costo energía			Q 2.10
Costo energía por lote			Q66.89

Cuadro No. 36: Costo de combustible (diesel)

Consumo	23.27	galones
Costo combustible	Q34.00	por galón
Costo por lote	Q791.01	

Cuadro No. 37: Costo anual de servicios auxiliares (energía eléctrica y combustible)

Año	# de Lotes	Costos totales
1	240	Q205,896.22
2	240	Q218,250.00
3	240	Q231,345.00
4	240	Q245,225.70
5	240	Q298,930.12
6	240	Q316,865.93
7	240	Q335,877.89
8	240	Q356,030.56
9	240	Q377,392.39
10	240	Q400,035.94

Cuadro No. 38: Producción por lote

Producción por lote	101.4	Kg
	223	lb

Cuadro No. 39: Costo de materia prima por lote

Materia Prima	Cantidad por lote	Dimensionales	Costo por lote
Leche de búfala	100.0000	L	Q1,000.00
Leche descremada en polvo	12.4000	Kg	Q930.00
Cloruro de calcio	0.0200	Kg	Q0.22
Cultivo	0.0080	Kg	Q34.00
Cuajo	5.0000	mL	Q0.63
Agua	---	---	Q0.00
Sal	0.2500	Kg	Q6.88
Empaque (etiqueta y 2 bolsas)	446.0000	u	Q178.40
Total			Q2,150.12
Costo unitario por Kg			Q21.20
Costo unitario por lb			Q9.64

Cuadro No. 40: Costo anual de materia prima

Año	Venta (lb)	Costo unitario	Costo materia prima anual
1	53,520	Q13.68	Q731,996.72
2	53,520	Q14.50	Q775,916.52
3	53,520	Q15.37	Q822,471.51
4	53,520	Q16.29	Q871,819.80
5	61,548	Q17.27	Q1,062,748.34
6	61,548	Q18.30	Q1,126,513.24
7	61,548	Q19.40	Q1,194,104.03
8	61,548	Q20.57	Q1,265,750.27
9	61,548	Q21.80	Q1,341,695.29
10	61,548	Q23.11	Q1,422,197.01

Cuadro No. 41: Ventas anuales

Año	Venta (lb)	Precio unitario	Ventas
1	53,520	Q40.00	Q2,140,800.00
2	53,520	Q42.40	Q2,269,248.00
3	53,520	Q44.94	Q2,405,402.88
4	53,520	Q47.64	Q2,549,727.05
5	61,548	Q50.50	Q3,108,117.28
6	61,548	Q53.53	Q3,294,604.31
7	61,548	Q56.74	Q3,492,280.57
8	61,548	Q60.15	Q3,701,817.41
9	61,548	Q63.75	Q3,923,926.45
10	61,548	Q67.58	Q4,159,362.04

Cuadro No. 42: Porcentajes para flujo de caja

Mantenimiento de equipo	10%
Comisiones	5%
Inflación	6%
CT	5%
Impuestos	31%
Tasa de interés	12%
Aumento 5to año	15%

Cuadro No. 43: Flujo de caja

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	Q0	Q2,140,800	Q2,269,248	Q2,405,403	Q2,549,727	Q3,108,117	Q3,294,604	Q3,492,281	Q3,701,817	Q3,923,926	Q4,159,362
Costo de materia prima	Q0	-Q516,029	-Q546,991	-Q579,810	-Q614,599	-Q749,196	-Q794,147	-Q841,796	-Q892,304	-Q945,842	-Q1,002,593
Costo de mantenimiento	Q0	-Q39,246	-Q41,601	-Q44,097	-Q46,743	-Q49,547	-Q52,520	-Q55,671	-Q59,012	-Q62,552	-Q66,306
Costo de servicios auxiliares	Q0	-Q205,896	-Q218,250	-Q231,345	-Q245,226	-Q298,930	-Q316,866	-Q335,878	-Q356,031	-Q377,392	-Q400,036
Salario personal	Q0	-Q770,898	-Q817,151	-Q866,181	-Q918,151	-Q973,240	-Q1,031,635	-Q1,093,533	-Q1,159,145	-Q1,228,694	-Q1,302,415
Comisiones	Q0	-Q107,040	-Q113,462	-Q120,270	-Q127,486	-Q155,406	-Q164,730	-Q174,614	-Q185,091	-Q196,196	-Q207,968
Depreciación	Q0	-Q39,246	-Q63,579	-Q41,708	-Q28,561	-Q20,226	-Q14,677	-Q12,082	-Q11,291	-Q10,552	-Q9,860
Utilidad antes de impuesto	Q0	Q462,445	Q468,214	Q521,992	Q568,961	Q861,572	Q920,029	Q978,706	Q1,038,944	Q1,102,698	Q1,170,184
Impuesto	Q0	-Q143,358	-Q145,146	-Q161,818	-Q176,378	-Q267,087	-Q285,209	-Q303,399	-Q322,073	-Q341,836	-Q362,757
Utilidad neta	Q0	Q319,087	Q323,068	Q360,175	Q392,583	Q594,485	Q634,820	Q675,307	Q716,871	Q760,862	Q807,427
Depreciación	Q0	Q39,246	Q63,579	Q41,708	Q28,561	Q20,226	Q14,677	Q12,082	Q11,291	Q10,552	Q9,860
Inversión	-Q392,462	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Capital de trabajo	-Q19,623	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Valor de rescate	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Flujo de caja	-Q412,085	Q358,333	Q386,646	Q401,883	Q421,144	Q614,710	Q649,497	Q687,389	Q728,163	Q771,413	Q817,287

Cuadro No. 44: Periodo de recuperación del capital

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Valor presente	-Q412,085	-Q319,940	-Q308,232	-Q286,052	-Q267,645	-Q348,803	-Q329,055	-Q310,940	-Q294,093	-Q278,179	-Q263,145
Recuperación	-Q412,085	-Q92,145	Q216,087	Q502,140	Q769,784	Q1,118,588	Q1,447,643	Q1,758,583	Q2,052,675	Q2,330,855	Q2,593,999

Cuadro No. 45: Costo unitario anual

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Venta (lb)	53,520	53,520	53,520	53,520	61,548	61,548	61,548	61,548	61,548	61,548
Costo unitario	Q30.63	Q32.46	Q34.41	Q36.48	Q36.17	Q38.34	Q40.64	Q43.08	Q45.67	Q48.41

Cuadro No. 46: Punto de equilibrio anual

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precio de venta	Q40.00	Q42.40	Q44.94	Q47.64	Q50.50	Q53.53	Q56.74	Q60.15	Q63.75	Q67.58
Punto de equilibrio	41,959	42,478	41,906	41,578	44,487	44,361	44,300	44,275	44,252	44,233

Cuadro No. 47: Análisis de sensibilidad

Variación ventas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TIR	VAN
-100%	-Q412,085	-Q1,118,819	-Q1,179,135	-Q1,257,845	-Q1,338,167	-Q1,529,890	-Q1,623,780	-Q1,722,284	-Q1,826,091	-Q1,936,096	-Q2,052,673	N/A	-Q8,663,210
-90%	-Q412,085	-Q971,104	-Q1,022,557	-Q1,091,873	-Q1,162,236	-Q1,315,430	-Q1,396,453	-Q1,481,317	-Q1,570,666	-Q1,665,345	-Q1,765,677	N/A	-Q7,537,489
-80%	-Q412,085	-Q823,388	-Q865,979	-Q925,900	-Q986,305	-Q1,100,970	-Q1,169,125	-Q1,240,350	-Q1,315,241	-Q1,394,594	-Q1,478,681	N/A	-Q6,411,768
-70%	-Q412,085	-Q675,673	-Q709,400	-Q759,927	-Q810,374	-Q886,510	-Q941,797	-Q999,382	-Q1,059,815	-Q1,123,843	-Q1,191,685	N/A	-Q5,286,047
-60%	-Q412,085	-Q527,958	-Q552,822	-Q593,954	-Q634,443	-Q672,050	-Q714,470	-Q758,415	-Q804,390	-Q853,093	-Q904,689	N/A	-Q4,160,326
-50%	-Q412,085	-Q380,243	-Q396,244	-Q427,981	-Q458,511	-Q457,590	-Q487,142	-Q517,448	-Q548,964	-Q582,342	-Q617,693	N/A	-Q3,034,605
-40%	-Q412,085	-Q232,528	-Q239,666	-Q262,009	-Q282,580	-Q243,130	-Q259,814	-Q276,480	-Q293,539	-Q311,591	-Q330,697	N/A	-Q1,908,884
-30%	-Q412,085	-Q84,812	-Q83,088	-Q96,036	-Q106,649	-Q28,670	-Q32,486	-Q35,513	-Q38,114	-Q40,840	-Q43,701	N/A	-Q783,163
-20%	-Q412,085	Q62,903	Q73,490	Q69,937	Q69,282	Q185,790	Q194,841	Q205,455	Q217,312	Q229,911	Q243,295	Q0	Q342,557
-10%	-Q412,085	Q210,618	Q230,068	Q235,910	Q245,213	Q400,250	Q422,169	Q446,422	Q472,737	Q500,662	Q530,291	Q1	Q1,468,278
0%	-Q412,085	Q358,333	Q386,646	Q401,883	Q421,144	Q614,710	Q649,497	Q687,389	Q728,163	Q771,413	Q817,287	Q1	Q2,593,999
10%	-Q412,085	Q506,048	Q543,224	Q567,855	Q597,076	Q829,171	Q876,824	Q928,357	Q983,588	Q1,042,164	Q1,104,283	Q1	Q3,719,720
20%	-Q412,085	Q653,764	Q699,803	Q733,828	Q773,007	Q1,043,631	Q1,104,152	Q1,169,324	Q1,239,013	Q1,312,915	Q1,391,279	Q2	Q4,845,441
30%	-Q412,085	Q801,479	Q856,381	Q899,801	Q948,938	Q1,258,091	Q1,331,480	Q1,410,291	Q1,494,439	Q1,583,666	Q1,678,275	Q2	Q5,971,162
40%	-Q412,085	Q949,194	Q1,012,959	Q1,065,774	Q1,124,869	Q1,472,551	Q1,558,807	Q1,651,259	Q1,749,864	Q1,854,417	Q1,965,271	Q2	Q7,096,883
50%	-Q412,085	Q1,096,909	Q1,169,537	Q1,231,747	Q1,300,800	Q1,687,011	Q1,786,135	Q1,892,226	Q2,005,290	Q2,125,168	Q2,252,267	Q3	Q8,222,604
60%	-Q412,085	Q1,244,624	Q1,326,115	Q1,397,719	Q1,476,731	Q1,901,471	Q2,013,463	Q2,133,193	Q2,260,715	Q2,395,919	Q2,539,263	Q3	Q9,348,325
70%	-Q412,085	Q1,392,340	Q1,482,693	Q1,563,692	Q1,652,663	Q2,115,931	Q2,240,791	Q2,374,161	Q2,516,140	Q2,666,670	Q2,826,259	Q3	Q10,474,046
80%	-Q412,085	Q1,540,055	Q1,639,271	Q1,729,665	Q1,828,594	Q2,330,391	Q2,468,118	Q2,615,128	Q2,771,566	Q2,937,420	Q3,113,255	Q4	Q11,599,767
90%	-Q412,085	Q1,687,770	Q1,795,849	Q1,895,638	Q2,004,525	Q2,544,851	Q2,695,446	Q2,856,096	Q3,026,991	Q3,208,171	Q3,400,251	Q4	Q12,725,488
100%	-Q412,085	Q1,835,485	Q1,952,427	Q2,061,611	Q2,180,456	Q2,759,311	Q2,922,774	Q3,097,063	Q3,282,417	Q3,478,922	Q3,687,247	Q5	Q13,851,209
-21.75%	-Q412,085	Q37,053	Q46,089	Q40,892	Q38,494	Q148,260	Q155,059	Q163,285	Q172,612	Q182,530	Q193,071	Q0	Q145,556

I. Cálculo de muestra

1) Extensión de proteína de leche descremada con una relación de grasa/proteína de 1.1

$$\rho_{Leche} = 1.03 \frac{Kg}{L}$$

$$1L \text{ leche} * \left(\frac{1.03Kg \text{ leche}}{1L \text{ leche}} \right) * \left(\frac{1,000g}{1Kg} \right) * \left(\frac{8.54g \text{ grasa}}{100g \text{ leche}} \right) * \left(\frac{1g \text{ proteína}}{1.1g \text{ grasa}} \right) \\ = 79.965g \text{ proteína}$$

$$1L \text{ leche} * \left(\frac{1.03Kg \text{ leche}}{1L \text{ leche}} \right) * \left(\frac{1,000g}{1Kg} \right) * \left(\frac{3.52g \text{ proteína}}{100g \text{ leche}} \right) = 36.256g \text{ proteína}$$

$$\text{Gramos de proteína necesarios} = (79.965 - 36.256)g \text{ proteína}$$

$$\text{Gramos de proteína necesarios} = 43.405g \text{ proteína}$$

$$43.405g \text{ proteína} * \left(\frac{100g \text{ leche descremada}}{35g \text{ proteína}} \right) = 124 \frac{g \text{ leche descremada}}{L \text{ leche}}$$

2) Dimensionamiento de equipo

* Se utiliza un sobredimensionamiento del 10% para todos los equipos dimensionados.

* Las esquinas redondeadas de los tanques tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m.

• Cálculo de volumen de tanques para dimensiones

Ecuación No. 1

$$V_{Tanque} = V_{rectángulo} - 2 * V_{Esquinas \text{ a lo largo}} - 2 * V_{Esquinas \text{ a lo ancho}}$$

Ecuación No. 2

$$V_{rectángulo} = l^2 * h$$

$$l = \text{ancho y alto}$$

$$h = 2 * l = \text{largo}$$

Ecuación No. 3

$$\text{Área}_{\text{Esquina}} = \frac{\text{Área}_{\text{cuadrado}} - \text{Área}_{\text{círculo}}}{4}$$

Ecuación No. 4

$$\text{Área}_{\text{cuadrado}} = (l)^2 = (0.0381\text{m})^2 = 0.001452\text{m}^2$$

Ecuación No. 5

$$\text{Área}_{\text{círculo}} = \pi * r^2 = \pi * \left(\frac{0.0381\text{m}}{2}\right)^2 = 0.001140\text{m}^2$$

Ecuación No. 6

$$\text{Área}_{\text{Esquina}} = \frac{0.001452\text{m}^2 - 0.001140\text{m}^2}{4} = 7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2$$

$$V_{\text{Esquinas a lo largo}} = 2 * (7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2) * h = 4 * l * (7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2)$$

$$V_{\text{Esquinas a lo ancho}} = 2 * (7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2) * l$$

$$V_{\text{Tanque}} = l^2 * h - 4 * l * (7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2) - 2(7.80 \times 10^{-5}\text{m}^2) * l$$

Ecuación No. 7

$$V_{\text{Tanque}} = 2l^3 - (0.000312\text{m}^2) * l - (0.000156\text{m}^2) * l$$

Este cálculo es utilizado para determinar las dimensiones de los tanques utilizados en el proceso.

a) Marmita

Se utilizará una marmita ya existente en la industria, con capacidad para 100L, marca Legión Motor, Modelo L5020, Serie 860226 con un agitador de paletas y 0.19KW de potencia. Tiene una chaqueta, la cuál será utilizada con vapor para transferir calor a la leche.

- Dimensiones

$largo = 0.3700m$

$ancho = 0.7300m$

$Alto = 0.3700m$

b) Cuba

Ingreso: 112.04 L de leche.

Diseño: rectángulo cúbico con esquinas redondeadas

- Capacidad

$$V_{cuba} = 112.04L * \left(\frac{1m^3}{1,000L} \right) * 1.10 = 0.1232m^3$$

- Dimensiones

Las esquinas redondeadas tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m.

$$V_{cuba} = 0.1232m^3 = 2l^3 - (0.000312m^2) * l - (0.000156m^2) * l$$

$$V_{cuba} = 0.1232m^3 = 2l^3 - (0.000156m^2) * l$$

$$l = 0.395m$$

$$h = 2 * l = 2 * 0.395m = 0.79m$$

La cuba lleva una chaqueta de acero inoxidable de 0.05m de espesor, por dentro se tiene un serpentín destinado para vapor de 0.0254m (1in) de diámetro y la parte de afuera del serpentín se utilizaría con agua fría como fuente de enfriamiento.

c) Tanque de hilado

Se utiliza únicamente el suero superficial. Por lo tanto, se usa una base de 10L de suero.

- Capacidad

$$V_{Tanque\ Hilado} = 10L * \left(\frac{1m^3}{1,000L} \right) * 1.10 = 0.011m^3$$

- Dimensiones

Las esquinas redondeadas tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m.

$$V_{\text{Tanque Hilado}} = 0.011m^3 = 2l^3 - (0.000156m^2) * l$$

$$l = 0.1767m$$

$$h = 2 * l = 2 * 0.1767m = 0.3534m$$

El tanque de hilado lleva una chaqueta de acero inoxidable de 0.05m de espesor, utilizada con vapor para transferir calor al suero.

d) Tanque de salmuera

Las esquinas redondeadas tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m. Se toma una base del 30% de la base de 100L de leche, para mantener el queso mozzarella durante 2 horas. Por lo tanto, se utilizan 30L de salmuera.

- Capacidad

$$V_{\text{Tanque Salmuera}} = 30L * \left(\frac{1m^3}{1,000L}\right) * 1.10 = 0.033m^3$$

- Dimensiones

Las esquinas redondeadas tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m.

$$V_{\text{Tanque Salmuera}} = 0.033m^3 = 2l^3 - (0.000156m^2) * l$$

$$l = 0.2547m$$

$$h = 2 * l = 2 * 0.2547m = 0.5094m$$

3) Balance de masa

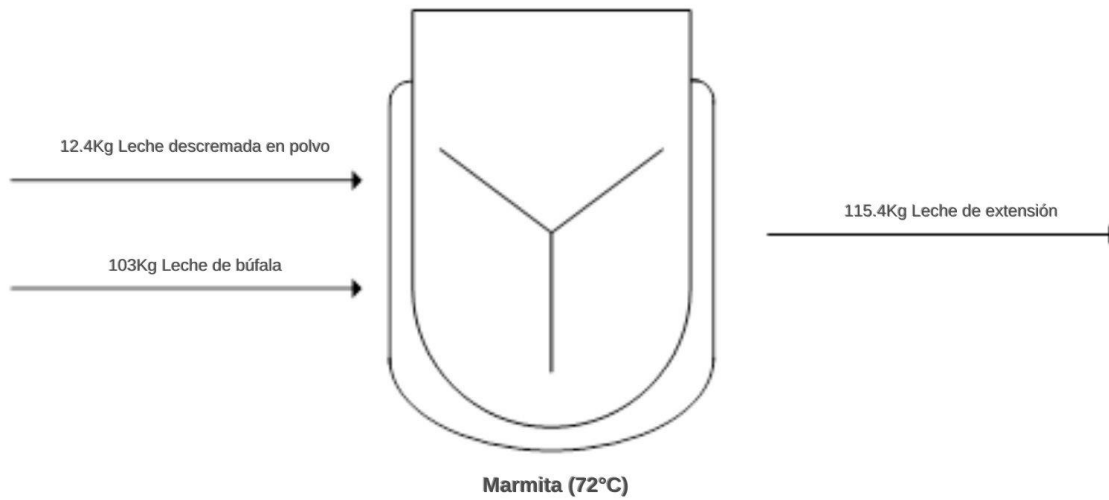
Se realiza el balance de masa en los equipos para determinar la cantidad de materia prima está ingresando y saliendo de cada parte del proceso de producción de queso tipo mozzarella. Así mismo, a partir de los datos obtenidos en este, se genera el balance de energía.

Ecuación No. 8:

$$\text{Entradas} = \text{Salidas}$$

a) Marmita

Figura No. 22: Balance de masa marmita



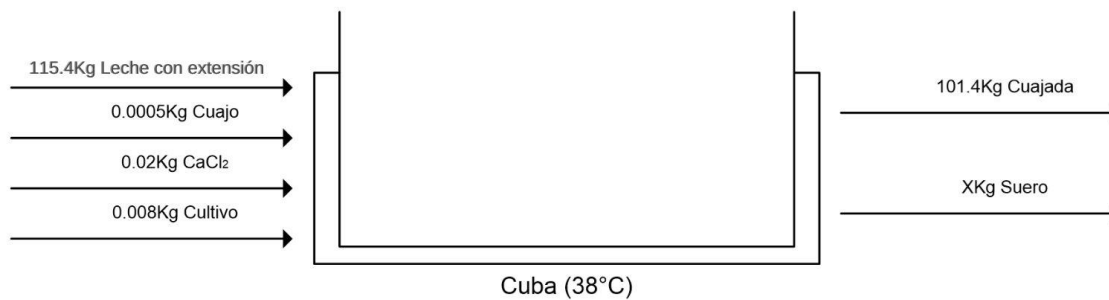
$$Entradas_{Marmita} = Salidas_{Marmita}$$

$$Entradas_{Marmita} = 12.4Kg \text{ Leche descremada} + 103Kg \text{ Leche de búfala}$$

$$Salidas_{Marmita} = 115.4Kg \text{ Leche con extensión}$$

b) Cuba

Figura No. 23: Balance de masa cuba



$$Entradas_{Cuba} = Salidas_{Cuba}$$

$$\begin{aligned} Entradas_{Cuba} &= 115.4Kg \text{ Leche con extensión} + 0.0005Kg \text{ Cuajo} + 0.02Kg \text{ CaCl}_2 \\ &+ 0.008Kg \text{ Cultivo} = 115.4285Kg \end{aligned}$$

$$Salidas_{Cuba} = 101.4Kg \text{ Cuajada} + XKg \text{ Suero}$$

$$Salidas_{Cuba} = 115.4285Kg = 101.4Kg \text{ Cuajada} + XKg \text{ Suero}$$

$$XKg \text{ Suero} = 14.0285Kg \text{ Suero}$$

c) **Tanque de hilado**

Figura No. 24: Balance de masa tanque de hilado



$$Entradas_{Tanque \ hilado} = Salidas_{Tanque \ hilado}$$

$$Entradas_{Tanque \ Hilado} = 10Kg \text{ Suero}$$

$$Salidas_{Tanque \ Hilado} = 10Kg \text{ Suero}$$

d) **Tanque de salmuera**

Figura No. 25: Balance de masa tanque de salmuera



$$Entradas_{Tanque \ Salmuera} = Salidas_{Tanque \ Salmuera}$$

$$Entradas_{Tanque\ salmuera} = XKg\ Agua + YKg\ Sal$$

Se sabe que se necesitan 30L de salmuera, por lo tanto:

$$\rho_{salmuera} = 1.225 \frac{Kg}{L}$$

$$30L * \left(1.225 \frac{Kg}{L}\right) = 36.75Kg\ Salmuera$$

$$Salidas_{Tanque\ salmuera} = 36.75Kg\ Salmuera$$

$$Entradas_{Tanque\ salmuera} = 36.75Kg\ Salmuera = XKg\ Agua + YKg\ Sal$$

Se sabe que se necesitan 2.2Kg de sal por cada Kilogramo de agua, por lo tanto:

$$YKg\ Sal = 2.2 * XKg\ Agua$$

$$36.75Kg\ Salmuera = XKg\ Agua + 2.2 * XKg\ Agua = 3.2 * XKg\ Agua$$

$$XKg\ Agua = \frac{36.75Kg\ Salmuera}{3.2} = 11.484Kg\ Agua$$

$$YKg\ Sal = 2.2 * XKg\ Agua = 25.266Kg\ Sal$$

4) Rendimiento

Ecuación No. 9

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{m_{Cuajada}}{m_{Leche\ con\ extensión}} * 100$$

Donde:

$$m_{Cuajada} = \text{masa de la cuajada} = \text{queso mozzarella}$$

$$m_{Leche\ con\ extensión} = \text{masa de leche con extensión}$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{101.4Kg}{115.4L} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 87.87\%$$

5) Balance de energía

Ecuación No. 10

$$Q = mC_p\Delta T = m\lambda$$

Ecuación No. 11

$$\lambda = H_{Vapor} - H_{Líquido}$$

Donde:

$Q = \text{Calor}$

$C_p = \text{Capacidad calorífica}$

$\Delta T = \text{Cambio de temperatura}$

$\lambda = \text{Calor latente}$

$H = \text{Entalpía}$

Ecuación No. 12

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Donde:

$\dot{m} = \text{Flujo másico}$

$m = \text{Masa}$

$t = \text{Tiempo}$

- **Cálculo de masa de tanques**

Las esquinas redondeadas tienen un diámetro de 1.5 pulgadas equivalente a 0.0381m.

$$\rho_{A.Inox} = 7,800 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Espesor_{A.Inox} = 0.003175m$$

$$m_{Tanque} = \rho_{AceroInox} * V_{A.Inox}$$

$$V_{A.Inox} = (\text{Área}_{Esquinas} + 2 * \text{Área}_{lado} + 2 * \text{Área}_{ancho}) * Espesor_{A.Inox}$$

$$\text{Área}_{\text{Esquinas}} = \left(\frac{2 * \pi * 0.0381m}{4} \right) * (2 * l + 2 * h)$$

$$\text{Área}_{\text{Esquinas}} = (0.1197m) * (l + h)$$

$$\text{Área}_{\text{lado}} = l * h$$

$$\text{Área}_{\text{ancho}} = l^2$$

$$\text{Espesor}_{\text{A.Inox}} = \left(\frac{1}{8} \text{in} \right) * \left(\frac{2.54\text{cm}}{1\text{in}} \right) * \left(\frac{1m}{100\text{cm}} \right) = 0.003175m$$

$$m_{\text{Tanque}} = \rho_{\text{A.Inox}} * \{(0.1197m) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2\} * \text{Espesor}_{\text{A.Inox}}$$

$$m_{\text{Tanque}} = 7,800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \{(0.1197m) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2\} * 0.003175m$$

$$m_{\text{Tanque}} = 24.765 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * \{(0.1197m) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2\}m^2$$

a) Marmita

$$Q_{\text{vapor}} = Q_{\text{Leche}} + Q_{\text{Marmita}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = m_{\text{vapor}} * (H_{\text{vapor}} - H_{\text{liquido}})$$

$$Q_{\text{Leche}} = m_{\text{Leche}} C_{p_{\text{Leche}}} \Delta T_{\text{Leche}}$$

$$Q_{\text{Marmita}} = m_{\text{Marmita}} C_{p_{\text{A.Inox}}} \Delta T_{\text{Marmita}}$$

El cambio de temperatura en la leche y el metal (acero inoxidable) de la marmita es el mismo, por lo tanto se tiene:

$$m_{\text{vapor}} * (H_{\text{vapor}} - H_{\text{liquido}}) = m_{\text{Leche}} C_{p_{\text{Leche}}} \Delta T_{\text{Leche}} + m_{\text{Marmita}} C_{p_{\text{A.Inox}}} \Delta T_{\text{Marmita}}$$

Ecuación No. 13

$$m_{Marmita} = \rho_{A.Inox} * \left[\frac{\left(\frac{4}{3} * \pi * R^3 \right) - \left(\frac{4}{3} * \pi * r^3 \right)}{2} \right]$$

De acuerdo a la capacidad de la marmita (100L) se tiene:

$$\rho_{A.Inox} = 7,800 \frac{Kg}{m^3}$$

$$Espesor_{A.Inox} = 0.003175m$$

$$R = r + 0.003175m$$

$$r = 0.37m$$

$$m_{Marmita} = 7,800 \frac{Kg}{m^3} * \left[\frac{\left(\frac{4}{3} * \pi * (0.373175m)^3 \right) - \left(\frac{4}{3} * \pi * (0.37m)^3 \right)}{2} \right]$$

$$m_{Marmita} = 21.4854Kg$$

Utilizando las tablas de vapor saturado a 90psi (620.53KPa), presión a la que se recomienda trabajar la caldera, se determina los valores de las entalpías:

$$H_{Vapor} = 2,758.1 \frac{KJ}{Kg}$$

$$H_{Líquido} = 675.55 \frac{KJ}{Kg}$$

La leche se encuentra a temperatura ambiente (25°C) y quiere ser llevada a una temperatura de 72°C durante 10 minutos, por lo tanto se obtiene la cantidad de vapor necesaria para que esto pueda llevarse a cabo:

$$m_{Marmita} = 21.4854Kg$$

$$m_{Leche} = 115.4Kg$$

$$C_{p_{Leche}} = 3.85 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$C_{p_{A.Inox}} = 0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$\Delta T = (72 - 25)^\circ C = 47^\circ C$$

$$t = 10min = 600s$$

$$m_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Liquido}) = m_{Leche} C_{p_{Leche}} \Delta T_{Leche} + m_{Marmita} C_{p_{A.Inox}} \Delta T_{Marmita}$$

$$m_{vapor} = \frac{m_{Leche} C_{p_{Leche}} \Delta T_{Leche} + m_{Marmita} C_{p_{A.Inox}} \Delta T_{Marmita}}{(H_{Vapor} - H_{Liquido})}$$

$$m_{vapor} = \frac{(115.4Kg) * \left(3.85 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (47^\circ C) + (21.4854Kg) * \left(0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (47^\circ C)}{\left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg}\right)}$$

$$m_{vapor} = 10.2742Kg$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{m_{vapor}}{t} = \frac{10.2742Kg}{600s} = 0.01713 \frac{Kg}{s}$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \dot{m}_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Liquido})$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \left(0.01713 \frac{Kg}{s}\right) * \left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg}\right) = 35.66KW$$

b) Cuba

$$m_{Cuba} = 24.765 \frac{Kg}{m^2} * \{(0.1197m) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2\}m^2$$

De acuerdo a la capacidad de la cuba se tiene:

- o $l = 0.395m$
- o $h = 2 * l = 2 * 0.395m = 0.79m$

Por lo tanto, se obtiene la masa de la cuba:

$$m_{Cuba} = 24.765 \frac{Kg}{m^2} * \{(0.1197m) * (0.395 + 0.79)m + 2(l * h) + 2l^2\}m^2$$

$$m_{Cuba} = 60.1428Kg$$

- **Enfriamiento**

$$Q_{\text{Agua Fría}} = Q_{\text{Leche}} + Q_{\text{Cuba}}$$

$$Q_{\text{Agua Fría}} = m_{\text{Agua}} C_{p_{\text{Agua}}} \Delta T_{\text{Agua}}$$

$$Q_{\text{Leche}} = m_{\text{Leche}} C_{p_{\text{Leche}}} \Delta T_{\text{Leche}}$$

$$Q_{\text{Cuba}} = m_{\text{Cuba}} C_{p_{\text{A.Inox}}} \Delta T_{\text{Cuba}}$$

La leche entra a una temperatura de 72°C y quiere ser enfriada hasta una temperatura de 38°C en 2 minutos, por lo tanto se obtiene la cantidad de agua fría a 4°C necesaria para que esto pueda llevarse a cabo:

$$m_{\text{Cuba}} = 60.1428 \text{Kg}$$

$$m_{\text{Leche}} = 115.4 \text{Kg}$$

$$C_{p_{\text{Leche}}} = 3.85 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C_{p_{\text{A.Inox}}} = 0.510 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$C_{p_{\text{Agua}}} = 4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = (72 - 38)^\circ\text{C} = 34^\circ\text{C}$$

$$t = 2 \text{min} = 120 \text{s}$$

$$m_{\text{Agua}} = \frac{m_{\text{Leche}} C_{p_{\text{Leche}}} \Delta T_{\text{Leche}} + m_{\text{Cuba}} C_{p_{\text{A.Inox}}} \Delta T_{\text{Cuba}}}{C_{p_{\text{Agua}}} \cdot \Delta T_{\text{Agua}}}$$

$$m_{\text{Agua}} = \frac{(115.4 \text{Kg}) \left(3.85 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (34^\circ\text{C}) + (60.1428 \text{Kg}) \left(0.510 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (34^\circ\text{C})}{\left(4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) (34^\circ\text{C})}$$

$$m_{\text{Agua}} = 113.4646 \text{Kg}$$

$$\dot{m}_{\text{Agua}} = \frac{m_{\text{vapor}}}{t} = \frac{113.4646 \text{Kg}}{120 \text{s}} = 0.9456 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Agua}} = \dot{m}_{\text{vapor}} \cdot C_{p_{\text{Agua}}} \cdot \Delta T_{\text{Agua}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Agua}} = \left(0.9456 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right) \cdot \left(4.186 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot (34^\circ\text{C}) = 134.57 \text{KW}$$

- **Calentamiento**

$$Q_{vapor} = Q_{Leche} + Q_{Cuba}$$

$$Q_{vapor} = m_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Líquido})$$

$$Q_{Leche} = m_{Leche} C_{p_{Leche}} \Delta T_{Leche}$$

$$Q_{Cuba} = m_{Cuba} C_{p_{A.Inox}} \Delta T_{Cuba}$$

Utilizando las tablas de vapor saturado a 90psi (620.53KPa), presión a la que se recomienda trabajar la caldera, se determina los valores de las entalpías:

$$H_{Vapor} = 2,758.1 \frac{KJ}{Kg}$$

$$H_{Líquido} = 675.55 \frac{KJ}{Kg}$$

La leche quiere ser mantenida dentro de un rango de temperatura de 38-40°C durante 290 minutos, por lo tanto se obtiene la cantidad de vapor necesaria para que esto pueda llevarse a cabo:

$$m_{Cuba} = 60.1428Kg$$

$$m_{Leche} = 115.4Kg$$

$$C_{p_{Leche}} = 3.85 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$C_{p_{A.Inox}} = 0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$\Delta T = (40 - 38)^\circ C = 2^\circ C$$

$$t = 290min = 17,400s$$

$$m_{vapor} = \frac{m_{Leche} C_{p_{Leche}} \Delta T_{Leche} + m_{Cuba} C_{p_{A.Inox}} \Delta T_{Cuba}}{(H_{Vapor} - H_{Líquido})}$$

$$m_{vapor} = \frac{(115.4Kg) * \left(3.85 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (2^\circ C) + (60.1428Kg) * \left(0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (2^\circ C)}{\left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg}\right)}$$

$$m_{vapor} = 0.4562Kg$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{m_{vapor}}{t} = \frac{0.4562Kg}{17,400s} = 2.72 \times 10^{-5} \frac{Kg}{s}$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \dot{m}_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Líquido})$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \left(2.72 \times 10^{-5} \frac{Kg}{s} \right) * \left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg} \right) = 0.0546KW$$

c) Tanque de hilado

$$Q_{vapor} = Q_{Leche} + Q_{TanqueHilado}$$

$$Q_{vapor} = m_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Líquido})$$

$$Q_{Leche} = m_{Leche} C_{p,Leche} \Delta T_{Leche}$$

$$Q_{TanqueHilado} = m_{TanqueHilado} C_{p,A.Inox} \Delta T_{TanqueHilado}$$

Se determina la masa del tanque de hilado:

$$m_{TanqueHilado} = 24.765 \frac{Kg}{m^2} * \{ (0.1197m) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2 \} m^2$$

De acuerdo a la capacidad del tanque de hilado se tiene:

- $l = 0.1767m$
- $h = 2 * l = 2 * 0.1767m = 0.3534m$

Por lo tanto, se obtiene la masa del tanque de hilado:

$$m_{TanqueHilado} = 6.2069Kg$$

Utilizando las tablas de vapor saturado a 90psi (620.53KPa), presión a la que se recomienda trabajar la caldera, se determina los valores de las entalpías:

$$H_{Vapor} = 2,758.1 \frac{KJ}{Kg}$$

$$H_{Líquido} = 675.55 \frac{KJ}{Kg}$$

El suero entra a una temperatura de 38°C y se calienta hasta una temperatura de 80°C en 2 minutos, por lo tanto se obtiene la cantidad de vapor saturado necesario para que esto pueda llevarse a cabo:

$$m_{TanqueHilado} = 6.2069Kg$$

$$m_{Suero} = 10Kg$$

$$C_{p\ Leche} = 3.85 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$C_{p\ A.Inox} = 0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$C_{p\ Suero} \approx C_{p\ Agua} = 4.186 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}$$

$$\Delta T = (80 - 38)^\circ C = 42^\circ C$$

$$t = 10min = 600s$$

$$m_{vapor} = \frac{m_{Suero} C_{p\ Suero} \Delta T_{Suero} + m_{TanqueHilado} C_{p\ A.Inox} \Delta T_{TanqueHilado}}{(H_{Vapor} - H_{Líquido})}$$

$$m_{vapor} = \frac{(10Kg) * \left(4.186 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (42^\circ C) + (6.2069Kg) * \left(0.510 \frac{KJ}{Kg * ^\circ C}\right) * (42^\circ C)}{\left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg}\right)}$$

$$m_{vapor} = 0.9081Kg$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{m_{vapor}}{t} = \frac{0.9081Kg}{600s} = 0.001513 \frac{Kg}{s}$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \dot{m}_{vapor} * (H_{Vapor} - H_{Líquido})$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \left(0.001513 \frac{Kg}{s}\right) * \left(2,758.1 \frac{KJ}{Kg} - 675.55 \frac{KJ}{Kg}\right) = 3.1518KW$$

d) Tanque de salmuera

Se determina la masa del tanque de salmuera:

$$m_{\text{TanqueSalmuera}} = 24.765 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} * \{(0.1197\text{m}) * (l + h) + 2(l * h) + 2l^2\} \text{m}^2$$

De acuerdo a la capacidad del tanque de salmuera se tiene:

- $l = 0.2547\text{m}$
- $h = 2 * l = 2 * 0.2547\text{m} = 0.5094\text{m}$

Por lo tanto, se obtiene la masa del tanque de salmuera:

$$m_{\text{TanqueSalmuera}} = 11.9044\text{Kg}$$

El tanque de salmuera es utilizado únicamente con agua fría y sal, con el fin de salar el queso mozzarella durante 2 horas para luego ser empacado y refrigerado. Así mismo, en este tanque no se utiliza enfriamiento ni calentamiento, por lo tanto, no se pierde ni se gana calor y no es necesaria la utilización de chaqueta con flujo de vapor o agua de enfriamiento.

6) Requerimiento de vapor y potencia de la caldera

Ecuación No. 14

$$m_{\text{Vapor Total}} = \sum m_{\text{Vapor}} = m_{\text{VaporMarmita}} + m_{\text{VaporCuba}} + m_{\text{VaporTanqueHilado}}$$

$$\dot{m}_{\text{Vapor Total}} = (10.2742 + 0.4526 + 0.9081)\text{Kg}$$

$$m_{\text{Vapor Total}} = 11.6349\text{Kg}$$

Ecuación No. 15

$$\dot{m}_{Vapor\ Total} = \sum \dot{m}_{Vapor} = \dot{m}_{VaporMarmita} + \dot{m}_{VaporCuba} + \dot{m}_{VaporTanqueHilado}$$

$$\dot{m}_{Vapor\ Total} = (0.01713 + 2.72 \times 10^{-5} + 0.00151) \frac{Kg}{s}$$

$$\dot{m}_{Vapor\ Total} = 0.01867 \frac{Kg}{s}$$

Ecuación No. 16

$$\dot{Q}_{Vapor\ Total} = \sum \dot{Q}_{Vapor} = \dot{Q}_{VaporMarmita} + \dot{Q}_{VaporCuba} + \dot{Q}_{VaporTanqueHilado}$$

$$\dot{Q}_{Vapor\ Total} = (35.66 + 0.0546 + 3.1518)KW$$

$$\dot{Q}_{Vapor\ Total} = 38.8664KW$$

Por lo tanto, se puede obtener la potencia de la caldera:

$$Potencia\ Caldera = (38.8664KW) * \left(\frac{1BHP}{9.811KW} \right)$$

$$Potencia\ Caldera = 3.9615\ BHP$$

XIII. GLOSARIO

Cuajada

Parte grasa y espesa de la leche que se separa del suero por la acción del calor, del cuajo o de los ácidos. Esta puede ser tomada como alimento.

Bacterias facultativas

Bacterias que pueden adaptarse para crecer y metabolizar tanto en presencia como en ausencia de oxígeno.

Salmuera

Solución salina preparada a partir de agua y la adición de algún tipo de sal, y a veces, otros condimentos, en el que se conservan alimentos

Inocuidad

Incapacidad de hacer daño.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura son un conjunto de condiciones, normas y procedimientos a seguir en la industria alimenticia, establecidos para todos los procesos de producción y control de alimentos y bebidas, con el fin de conseguir que los productos sean fabricados de manera consistente y acorde a ciertos estándares de calidad.

Control de calidad

Es el proceso que tiene como finalidad interpretar las especificaciones establecidas por la ingeniería del producto y proporcionar asistencia al departamento de fabricación, para que la producción alcance estas especificaciones. Como tal, la función consiste en la colección y análisis de grandes cantidades de datos que después se presentan a diferentes departamentos para iniciar una acción correctiva adecuada.

Codex alimentarius

Colección reconocida internacionalmente de estándares, códigos de prácticas, guías y otras recomendaciones relativas a los alimentos, su producción y seguridad alimentaria bajo el objetivo de la protección del consumidor.

Sistema de HACCP

Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros significativos para la inocuidad de los alimentos.

Plan HACCP

Documento que define los procedimientos a seguir para asegurar el control de la inocuidad del producto en un proceso específico, basados en los principios de HACCP.

Prevención

Disposición que se hace de forma anticipada para minimizar un riesgo.

Medidas de control

Medidas aplicadas para prevenir o eliminar un peligro en el alimento o para reducirlo a un nivel aceptable.

Punto Crítico de Control (PCC)

Etapas del proceso en que es posible aplicar medidas de control para prevenir, eliminar o reducir un peligro hasta niveles aceptables.

Agua potable

Es aquella que por sus características de calidad especificadas, es adecuada para el consumo humano.

COGUANOR

Comisión Guatemalteca de Normas. Es el Organismo Nacional de Normalización, cuya principal función es desarrollar actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dichas empresas ofertan en el mercado nacional e internacional.

Límite Máximo Aceptable (LMA)

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

Límite Máximo Permisible (LMP)

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.

Características físicas

Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.

Características químicas

Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad.

Escherichia coli

Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44°C ó 44.5°C con producción de gas.

Turbiedad

Es la falta de transparencia de un líquido debida a la presencia de partículas en suspensión. Es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT)

Unidad utilizada para medir la turbidez de un fluido. También conocidas como NTU (Nefelometric Turbidity Unit) por sus siglas en inglés.

Conductividad eléctrica

Es una medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas. La conductividad depende de la estructura atómica y molecular del material. El agua potable deberá tener una conductividad de 100µS/cm a 750 µS/cm a 25°C.

Extensión (láctea)

Tecnología utilizada para aumentar la capacidad de fabricación de quesos al agregar a la leche fresca una fuente de proteína coagulable para balancer la relación grasa/proteínas.