



Universidad Católica Andrés Bello

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial

**“DISEÑO DE PROPUESTA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
CUAJO DERIVADO DEL ABOMASO PARA UNA EMPRESA DE INSUMOS  
LÁCTEOS”**

**TRABAJO DE GRADO**

Presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

REALIZADO POR:

Br. Bastos P, Juan L.

Br. Fernandes F, Ana K.

PROFESOR GUÍA:

Ing. Martín Dorante

FECHA:

Mayo 2018



## DEDICATORIA

*Dedicado Dios y a Nuestros padres.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, por su paciencia, gracias a ella, quien me ha impulsado a lograr todos mis objetivos, he llegado a donde estoy hoy en día.

A mi hermana, por ser el pilar fundamental en mi vida.

A toda mi familia y amigos que me acompañaron durante la carrera.

**Juan Leonardo Bastos Pérez.**

Agradezco a mis padres y hermanas por apoyarme en todo momento. Gracias a ellos he logrado alcanzar todas mis metas.

A mis amigos incondicionales, por ayudarme en los mejores y peores momentos.

A Jorge, por su paciencia y brindarme siempre su apoyo.

**Ana Karina Fernandes Fonseca.**

Además, queremos agradecer a nuestros tutores ya que gracias a ellos pudimos llevar a cabo este proyecto y los profesores por ser nuestras guías en la carrera.



## **RESUMEN**

### **“DISEÑO DE PROPUESTA PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE CUAJO DERIVADO DE CABRITOS LACTANTES PARA UNA EMPRESA DE INSUMOS LÁCTEOS”**

**Realizado por:** Ana Karina Fernandes F, Juan Leonardo Bastos.

**Tutor:** Ing. Martín Dorante.

**Fecha:** Mayo 2018.

El presente Trabajo de Grado tuvo como Objetivo General diseñar una propuesta para el proceso de elaboración de cuajo derivado del abomaso para la empresa Corporación Tauro I C.A. Actualmente la empresa produce y comercializa cuajo microbiano, sin embargo, desea diversificar su línea de productos para satisfacer la demanda del mercado incluyendo cuajo derivado del abomaso de cabritos lactantes. Los objetivos específicos fueron los siguientes: (a) describir el proceso actual de producción de cuajo en la empresa; (b) analizar alternativas de procesos productivos para la elaboración de cuajo proveniente del abomaso de cabrito lactante; (c) seleccionar el proceso productivo del cuajo adecuado a la infraestructura de la empresa ; y (d) valorar la relación beneficio costo del proceso productivo propuesto. Para cumplir con los objetivos planteados se realizó una investigación con la modalidad de Proyecto Factible, ya que se elaboró una propuesta para solventar la problemática. Se realizaron tres etapas para la elaboración del proyecto factible: (a) etapa I de detección de necesidades; (b) II de elaboración de la propuesta; y (c) etapa III de evaluación de la factibilidad. Se utilizaron las técnicas de: (a) observación; y (b) entrevista no estandarizada; así como se elaboraron como instrumentos las hojas de notas y los gráficos de flujos de procesos tanto para detectar los elementos involucrados



en la producción de cuajo como para explicar los diferentes procesos tanto en la detección de necesidades como en la propuesta. En la propuesta se planteó la posibilidad de utilizar la fuente del abomaso de cabritos lactantes como materia prima para la producción de cuajo, los insumos necesarios, la maquinaria requerida para el proceso, así como se estableció la capacidad instalada y se asignaron las áreas para las diferentes etapas del proceso, todo esto adecuado a la infraestructura de la empresa utilizando los espacios asignados por la directiva. Por último, se realizó la valoración costo – beneficio donde se representó el capital requerido asociado a la implementación del proceso, criterio que permitió que se vieran aspectos necesarios para evaluar la factibilidad de la propuesta.

**Palabras claves:** Abomaso, cabrito, quimosina, cuajo, enzima.



## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	4
1. El Problema.....	4
1.1. Planteamiento del problema .....	4
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos .....	6
1.3. Alcance.....	7
1.4. Limitaciones .....	7
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>8</b>
2. Marco Teórico.....	8
2.1. Antecedentes .....	8
2.2. Bases Teóricas.....	9
2.2.1. Aparato Digestivo de Rumiantes .....	9
2.2.2. Quimosina.....	10
2.2.3. Pepsina .....	11
2.2.4. Homologías entre la pepsina y la quimosina .....	11
2.2.5. Cuajo Animal .....	12
2.2.6. Cuajo artesanal.....	12
2.2.7. Cuajo industrial.....	13
2.2.8. Fuerza del Cuajo .....	13
2.2.9. Proteínas.....	14
2.2.10. Enzimas .....	14
2.2.11. Actividad enzimática.....	15
2.2.12. Regulación de la Actividad enzimática.....	15
2.3. Herramientas a utilizar .....	17
2.3.1. Diagrama de flujo .....	17
2.3.2. Diagrama de flujo de proceso .....	18
2.3.3. Diagrama de relaciones.....	18
2.3.4. Hoja de trabajo.....	19



2.3.5. Diagrama adimensional de bloques .....	19
<b>CAPITULO III</b> .....	20
3. Marco metodológico .....	20
3.1. Tipo de investigación .....	20
3.2. Diseño de la investigación.....	20
3.3. Modalidad de la investigación .....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	23
3.6. Estructura desagregada.....	24
<b>CAPITULO IV</b> .....	25
4. Descripción del Proceso Actual de Producción de la Empresa Corporación Tauro I C.A. ..	25
<b>CAPITULO V</b> .....	30
5. Análisis de las Alternativas de Procesos Productivos para la Elaboración de Cuajo Proveniente del Abomaso de Cabrito Lactante.....	30
5.1. Proceso industrial .....	30
5.1.1. Tratamiento de materia prima o acondicionamiento. ....	30
5.1.2. Extracción de la enzima .....	31
5.1.3. Purificación .....	32
5.1.4. Maduración .....	33
5.1.5. Envasado .....	33
5.1.6. Almacenado .....	34
5.2. Proceso Artesanal.....	37
5.2.1. Tratamiento de materia prima o acondicionamiento. ....	37
5.2.2. Secado .....	37
5.2.3. Cortado.....	37
5.2.4. Almacenado .....	37
<b>CAPITULO VI</b> .....	40
6. La propuesta.....	40
6.1. Proceso productivo.....	40
6.2. Materia Prima e Insumos.....	41
6.3. Maquinaria Requerida .....	44
6.3.1. Homogeneizador de Tejidos .....	44
6.3.2. Maquina Centrifugadora .....	45



6.3.3. Refrigerador .....	46
6.4. Capacidad instalada.....	48
6.5. Asignación de áreas.....	50
6.5.1. Recepción de materia prima.....	50
6.5.2. Área de acondicionamiento.....	50
6.5.3. Área de extracción .....	51
6.5.4. Área de purificación.....	51
6.5.5. Área de maduración .....	51
6.5.6. Área de envasado .....	52
6.5.7. Área de almacenamiento.....	52
6.6. Distribución de la planta .....	54
CAPITULO VII .....	60
7. Valoración de la Relación Costo – Beneficio del Proceso Productivo Propuesto .....	60
CAPITULO VIII.....	62
8. Conclusiones .....	62
9. Recomendaciones .....	64
BIBLIOGRAFIA .....	65
10. ANEXOS .....	68



## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Estructura desagregada.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2. Proceso de elaboración del cuajo microbiano en Corporación Tauro I, C.A .....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Diagrama del flujo de proceso del cuajo microbiano en Corporación Tauro I, C.A ..</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cuajo comercial.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 5. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de cuajo microbiano.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cuajo artesanal .....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 7. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de cuajo microbiano.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 8 Homogeneizador de tejidos ultrasónico .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 9. Centrifugadora Toption instruments. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 10. Diagrama de funciones cruzadas del proceso de elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes por área. ....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 11. Diagrama de relaciones.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 12. Diagrama adimensional de bloques .....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 13. Distribución de la planta .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 14. Distribución de áreas.....</i>	<i>59</i>



## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Estudios consultados para elaboración del presente trabajo.</i> .....	8
<i>Tabla 2 Características bovinas.</i> .....	11
<i>Tabla 3. Simbología para el diagrama de flujo de proceso</i> .....	18
<i>Tabla 4. Valores de relaciones</i> .....	19
<i>Tabla 5 Insumos para el proceso de elaboración de cuajo líquido</i> .....	42
<i>Tabla 6 Características del homogeneizador TOPT-08.</i> .....	44
<i>Tabla 7 Características del homogeneizador TOPT-08.</i> .....	45
<i>Tabla 8 Características del freezer Nor-Lake Scientific Solid-Door</i> .....	47
<i>Tabla 9 Capacidad de equipos para la elaboración de cuajo líquido.</i> .....	48
<i>Tabla 10 Producción estimada para cubrir con la capacidad instalada.</i> .....	49
<i>Tabla 11. Hoja de trabajo</i> .....	55
<i>Tabla 12. Deméritos contabilizados.</i> .....	57
<i>Tabla 13 Costos de equipos necesarios.</i> .....	60
<i>Tabla 14. Costo del ciclo productivo de cuajo nacional</i> .....	61
<i>Tabla 15. Comparación de costos de cuajo nacional con el cuajo importado</i> .....	61



## INTRODUCCIÓN

El proceso de coagulación de la leche es una de las etapas de mayor importancia en la elaboración de los quesos. Independientemente de la escala con que se trabaje, es decir, ya sea artesanal o industrialmente, la obtención de los sólidos de la leche, requiere un cambio en su estado de agregación, pasando de la forma líquida natural a la de gel. De este modo, todos los constituyentes de la leche quedan retenidos en una red proteica tridimensional, cuyas características dependerán de la forma en que fue originada.

El termino cuajo hace referencia al producto obtenido a partir de los estómagos de rumiantes jóvenes principalmente terneros, cabritos y corderos, cuyo componente activo está constituido por mayor concentración de quimosina con respecto a la pepsina que ha de encontrarse también en el abomaso; el resto de los productos utilizados se llaman coagulantes de leche, siendo estos los de origen vegetal y microbiano. No se pueden denominar cuajo los obtenidos a partir de estómagos de animales no rumiantes como los de cerdos y aves. Según Fresno y Álvarez (2007), la quimosina está presente en el cuajar de los rumiantes hasta el momento del destete, tomando en cuenta que el porcentaje de concentración depende de la alimentación y de la edad del animal, es decir, si éste incorpora otros alimentos que no sean leche o el rumiante joven va creciendo, la proporción con respecto a la pepsina varía, pudiendo invertirse la relación a favor de ésta última enzima.

La leche también se puede coagular por la acción de un ácido, sea éste agregado (jugo de limón, ácido clorhídrico etc.) o bien por el obtenido proveniente de la acción de los microorganismos. Es por esto que la importancia de la quimosina es su rendimiento de cuajo, debido a que es más potente a la existente en el mercado comercial debido a que se obtiene del



abomaso, una fuente de materia prima que normalmente es desechada en sitios donde sacrifican dichos animales.

El presente trabajo, está estructurado de la siguiente manera:

**CAPÍTULO I:** Planteamiento del problema. En este capítulo se describe la problemática a estudiar; además, se encuentran los objetivos, el alcance y las limitaciones del estudio.

**CAPÍTULO II:** Marco Teórico. Aquí, se encuentran contenidos los antecedentes del estudio y las bases teóricas a utilizar.

**CAPÍTULO III:** Marco Metodológico. En este apartado se presenta la metodología a implementar durante el estudio, se describen: el tipo de investigación, diseño de investigación, modalidad de la investigación, técnicas e instrumentos de recolección de datos y técnicas de procesamiento y análisis de datos.

**CAPÍTULO IV:** En este capítulo se describe el proceso actual de producción de la empresa Corporación Tauro I C.A.

**CAPITULO V:** Se analizan las alternativas de procesos productivos para la elaboración de cuajo proveniente del abomaso de cabrito lactante.

**CAPITULO VI:** La propuesta. Este capítulo se refiere al diseño correspondiente al proceso de elaboración de cuajo proveniente de cabritos lactantes, donde se estable la fuente de materia prima, insumos, equipo, asignación de áreas y capacidad instalada.

**CAPITULO VII:** Se realiza la valoración de la relación costo – beneficio del proceso productivo propuesto.



**CAPITULO VII:** Conclusiones y Recomendaciones. Se plantean las conclusiones y recomendaciones con respecto a los estudios realizados en la investigación.



## **CAPITULO I**

### **1. El Problema**

En este capítulo se plantea la problemática expuesta junto a los objetivos de la investigación para solventar dicho problema. Además, se hace mención de los alcances y limitantes que corresponden al siguiente trabajo especial de grado.

#### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial, los quesos son considerados como uno de los principales alimentos de consumo masivo debido a su alto valor nutricional. Este producto se obtiene gracias a la coagulación de una proteína de la leche, la caseína, mediante la acción del cuajo u otros coagulantes. A nivel nacional, el consumo de quesos frescos se considera parte de nuestra cultura; existiendo más de 30 tipos de quesos, de los cuales el 60% son de elaboración artesanal.

El cuajo es una sustancia compuesta por quimosina y pepsina, obtenida a partir del cuarto estomago de bovinos; el porcentaje de quimosina dependerá de la edad del rumiante, siendo el porcentaje de quimosina mayor cuando el animal es lactante con respecto a la otra enzima que lo acompaña, mientras que a medida que cambia su alimentación el porcentaje de pepsina aumenta. En la elaboración de quesos, el cuajo actúa sobre las micelas de caseína (alfa, beta y kappa) que están unidas entre sí por fosfato de calcio. Al añadir cuajo a la leche, la quimosina hidroliza un enlace específico en la cadena kappa-caseína, partiendo la proteína en dos fragmentos: uno insoluble que se mantiene en la micela, y otro soluble que es separado de ésta. Las micelas modificadas se unen entre sí formando una red tridimensional llamada paracaseína, que precipita. De este modo, la leche queda separada en cuajada y suero. (Santi Garcia-Vallvé, 2008)



En los últimos años, la mayoría de las empresas que conforman la industria alimenticia y agropecuaria en Venezuela, se han visto afectados por el incremento continuo y dependencia en cuanto a la importación de materias primas necesarias para poder seguir con el curso de su producción. Esta dependencia implica la tramitación y búsqueda de divisas (teniendo en cuenta una situación actual del país bastante compleja) para la compra oportuna y eficiente de la materia prima requerida y utilizada en la elaboración de sus cuajos, además de trámites de importación y nacionalización. Todos estos factores mencionados anteriormente impactan negativamente en la producción y hace que los costes de comercialización sean mucho más elevados causando incluso reducción de la oferta en el mercado.

En Venezuela, la producción de leche y sus derivados se sustenta por explotaciones de crías de ganado doble propósito (carne y leche) y crías de ganado lechero; en este último, los animales machos son sacrificados por el alto costo de su mantenimiento, siendo poco rentable para los productores. Por esta razón, se desea aprovechar el cuarto estómago de estos animales descartados para la producción de cuajo; esto podría representar una opción para sustituir las importaciones en la producción y comercialización del cuajo.

En el caso de Corporación Tauro I C.A, se ha visto interesada en aprovechar el cuarto estomago de cabritos lactantes dado que es una empresa dedicada a manufacturar, desarrollar, importar y exportar todo tipo de materias primas e insumos con altos estándares de calidad para la industria alimenticia, especialmente la agropecuaria, incluyendo a pequeños y medianos productores dedicados a la fabricación de quesos. Actualmente se dedican a la elaboración de cuajos microbianos, utilizando una proteasa coagulante obtenida de la cepa del moho *Rhizomucor miehei*, en presentaciones de cuajo líquido y cuajo en polvo.



Debido a lo expuesto anteriormente, Corporación Tauro I C.A desea diversificar su gama de productos, incorporando quimosina, para satisfacer las demandas del mercado. La quimosina le da un gran valor agregado a sus quesos, ya que se produce un queso con textura, sabor y olor que otros coagulantes no logran; por el contrario, la pepsina puede producir un saber amargo al producto final. Por ende, la empresa se plantea la necesidad de sistematizar el proceso para la elaboración cuajos derivados de cabritos lactantes.

De esta manera surge la siguiente interrogante: ¿Es posible diseñar el proceso de elaboración de cuajos a partir de la quimosina extraída del abomaso a fin de ampliar la línea de productos de la empresa Corporación Tauro I C.A.?

## **1.2. Objetivos**

A continuación se especifican los objetivos de la investigación que orientan el siguiente estudio.

### **1.2.1. Objetivo general.**

Diseñar una propuesta para el proceso de elaboración de cuajo derivado del abomaso en una empresa de insumos para la industria láctea ubicada en el estado Miranda.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

1. Describir el proceso actual de producción de cuajo en la empresa.
2. Analizar alternativas de procesos productivos para la elaboración de cuajo proveniente del abomaso de cabritos.
3. Seleccionar el proceso productivo del cuajo adecuado a la infraestructura de la empresa
4. Valorar la relación beneficio costo del proceso productivo propuesto.



### **1.3. Alcance**

1. Para describir el proceso actual de producción de cuajo en la empresa se utilizarán entrevistas no estructuradas al personal de la empresa, observación directa y revisión bibliográfica, además del uso de diagramas de flujo.
2. Para analizar el proceso productivo de la elaboración de cuajo proveniente del abomaso se revisarán y analizarán fuentes bibliográficas para describir el proceso, además del uso de diagramas de flujo.
3. Mediante información obtenida de los proveedores de la fuente de materia prima para estimar la capacidad productiva, diagrama de relación de actividades, diagrama unidimensional de bloques, layout y revisión bibliográfica.
4. Para la valoración de la relación beneficio costo del proceso productivo propuesto se se elaborará un cuadro descriptivo para diferenciar los costes y los beneficios esperados asociados a la implementación del proceso.

Se comparará el costo para llevar a cabo el proceso dentro de la planta con el correspondiente por la obtención de la importación del mismo.

### **1.4. Limitaciones**

1. Información parcial suministrada por la empresa, debido a la confidencialidad.
2. Acceso limitado a información relacionada con la producción nacional e internacional del producto.
3. Adecuar el diseño a la estructura existente y la materia prima nacional.
4. Variabilidad de costes, debido a la inestabilidad económica que presenta el país actualmente.



## CAPITULO II

### 2. Marco Teórico

En este capítulo se trata el marco teórico en el que se tiene la posibilidad de aprovechar el conocimiento construido previamente por investigadores del área y se ofrecen conceptos básicos que favorecen la fundamentación de la investigación tal como lo plantea Méndez (2011); es por esto que en este capítulo se toman en consideración los antecedentes y los conceptos referenciales claves que relacionados configuran los aspectos teóricos que sustentan este estudio.

#### 2.1. Antecedentes

**Tabla 1** Estudios consultados para elaboración del presente trabajo.

Título	Área de estudio e institución	Autores, Profesor guía y fecha	Objetivo general	Aporte
Determinación de parámetros para obtención de cuajo de bovino adulto.	Ingeniería en Industrias Alimentarias.  Universidad Nacional del Centro del Perú.	Javier Córdova Ing. Elizabeth Paitan.  2009	Determinar los parámetros de obtención y conservación de cuajo bovino adulto; determinar el flujo de obtención del cuajo de bovino adulto.	Estructura del trabajo de grado en desarrollo, herramientas e información de interés relacionado con el proyecto.
Extracción de la quimosina producida de forma natural a través del cuarto estómago del ternero a partir de diferentes tiempos de extracción y edades del bovino a escala laboratorio.	Ingeniería Química  Universidad de San Carlos de Guatemala.	Gabriela Caal Ing. Telma Cano  Octubre 2015	Evaluar las condiciones de extracción de la quimosina producida de forma natural, a partir del cuarto estómago de ternero con base en dos diferentes edades y en función de tres tiempos de maceración dinámica bajo la especificación de la patente europea "Procedimiento para la recuperación de quimosina producida de forma natural"	Estructura del trabajo de grado en desarrollo, herramientas e información de interés relacionado con el proyecto.
Evaluación de factibilidad técnica de producir láminas de fibrocemento en una empresa dedicada a la distribución e instalación de sistemas constructivos a partir del uso de materia prima de producción nacional.	Ingeniería Industrial.  UCAB.	Ana Aniceti e Irene Ioannou Ing. Esmeralda Hurtado.  Octubre 2017	Evaluar la factibilidad técnica de producir láminas de fibrocemento en una empresa dedicada a la distribución e instalación de sistemas constructivos a partir del uso de materia prima de producción nacional.	Estructura del trabajo de grado en desarrollo, herramientas y enfoques de investigación.



Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Bases Teóricas

Dado que en este trabajo se plantea tal como lo indica su título “Diseño de propuesta para el proceso de elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes para una empresa de insumos lácteos” a continuación se desglosarán los conceptos claves.

### 2.2.1. Aparato Digestivo de Rumiantes

Los rumiantes son animales poligástricos; se clasifican en bovinos, ovinos, caprinos, giraffidae y cérvidos, Caal (2015) explica que su aparato digestivo se caracteriza por contar con una estructura anatómica compleja organizada en 4 compartimientos, los cuales son: (a) el retículo; (b) rumen; (c) omaso; y (d) abomaso. Para la siguiente investigación, se hace énfasis en la descripción de este último compartimiento, el abomaso, ya que en él se dan procesos enzimáticos como la producción de quimosina y pepsina, enzimas utilizadas para la producción de cuajo.

El *abomaso* posee una estructura glandular semejante al estómago simple de los animales monogástricos, característicos por secretar rennina o quimosina además de ácido clorhídrico y pepsina. Con respecto a su procesamiento, en este órgano los residuos y microorganismos digeribles de los alimentos, no fermentados, se someten a la digestión enzimática y sus productos son absorbidos. La secreción de ácido clorhídrico y pepsina inicia la degradación de las proteínas alimenticias y microbianas; produciendo la proquimosina (prorennina) en rumiantes neonatos. (Caal, 2015)



### 2.2.2. Quimosina

La quimosina (E.C 3.24.4), también llamada rennina, es una enzima clasificada como peptidasa aspártica (APs) debido a su mecanismo catalítico, perteneciente al grupo de las endopeptidasas. Estas se caracterizan por presentar un pH óptimo en el rango ácido y por ser específicamente inhibidas por pepstatina A. Esta enzima se encuentra comúnmente en el abomaso de mamíferos rumiantes mezclada con pepsina, actuando como enzima digestiva con la finalidad de cuajar la leche que toman. Andrén (citado por Cano, 2015) explica que en el abomaso la proporción de quimosina y pepsina varía según la edad del animal y el tipo de alimentación. De este modo, en los rumiantes de edad lactante su proporción de quimosina equivale a 80-90% y 10-20% pepsina, mientras que en extractos provenientes de rumiantes adultos el contenido de pepsina equivale normalmente a 80-90%.

La quimosina se sintetiza como pre-pro-quimosina sin actividad proteolítica, luego se secreta en el estómago como pro-quimosina, también inactiva, transformándose en enzima activa por un proceso auto catalítico acelerado por los iones  $H^+$ , proceso dependiente del pH, la fuerza iónica y la temperatura. Por otro lado, la activación de la pro-quimosina se puede acelerar con concentraciones de sales, dependientes del pH, con valor máximo de 2,0M ya que grandes cantidades de sales remanentes en los tejidos, limitan el grado de extracción de la enzima. (Códova, 2009).

La quimosina, si se conserva en las condiciones en la que es activa puede auto digerirse; puesto que la quimosina se inactiva reversiblemente con concentraciones elevadas de cloruro de sodio, se puede conservar en esta forma y al disminuir la concentración salina se reactiva. (Cano, 2015).



### 2.2.3. Pepsina

La pepsina, (E.C. 3.4.23.1), es la enzima secundaria del abomaso de rumiantes, su actividad coagulante es aproximadamente el 20% de la actividad total. Cuando se habla de pepsina bovina se aprecian dos tipos: la pepsina A y la pepsina B, distinguiéndose entre ellas por la velocidad de inactivación en presencia de urea. Esta enzima se sintetiza en forma de un precursor o zimógeno llamado pepsinógeno, proteína cristalina que se encuentra en la mucosa gástrica. (Cordova, 2009).

### 2.2.4. Homologías entre la pepsina y la quimosina

Colowick y Kaplan, citado por Córdova (2009), explican que:

En muchos aspectos las propiedades de la quimosina son similares a las de la pepsina. Ambas son proteasas ácidas gástricas con pesos moleculares similares y son secretadas como precursores que son convertidas en enzimas activas por una proteólisis limitada de la porción N-terminal. Las semejanzas entre ambas enzimas probablemente provienen de sus similitudes en las estructuras primarias Sin embargo, la secuencia del aminoácido N-terminal de la quimosina no muestra una semejanza obvia con la secuencia de la pepsina.

Como se acaba de mencionar la estructura de ambas enzimas no se asemejan en la secuencia de los aminoácidos, lo que origina que la quimosina rompa las cadenas externas de las micelas de caseína (kappa caseína), al contrario de la pepsina que las corta en diferentes puntos, produciendo así un sabor amargo en el producto final, es decir el queso.

En el cuadro N° se muestran las principales características de estas.

**Tabla 2** Características caprinas

Enzima	Tipo de Enzima	Clasificación	Origen	Condiciones óptimas		Actividad enzimática acompañante
				pH	T (°C)	



<b>Quimosina</b>	Hidrolasa	Quimosina (E.C 3.4.23.4) Específico para 1 enlace de caseína	Abomaso bovino	4,8 - 6,0	30 - 40	Usualmente pura pero puede contener pepsina
<b>Pepsina</b>	Hidrolasa	Pepsina (E.C 3.4.23.1) Ruptura preferencial Phe-Leu	Mucosa gástrica	1,8 - 2,0	40 - 60	Usualmente muy pura

Fuente: Godfrey y Reichelt (2003), citado por Córdova.

### 2.2.5. Cuajo Animal

El cuajo es una sustancia coagulante compuesta por las enzimas quimosina y pepsina, enzimas pertenecientes al grupo de las peptidasas aspárticas, son segregadas por la mucosa interna del abomaso (cuarto estómago) de rumiantes lactantes para digerir la leche materna. Entre sus principales características se encuentran resistir la acción de los ácidos, presentar una temperatura óptima de actividad de 40° C y de destrucción de 60° C y poseer un pH óptimo de acción de 5,5 – 6. (Córdova, 2009).

Las preparaciones coagulantes de origen animal se distinguen en cuajo artesanal y cuajo comercial. Ambos son provenientes del abomaso, sin embargo, se diferencian en el método de elaboración del producto final y la fuerza de coagulación.

### 2.2.6. Cuajo artesanal

El *cuajo artesanal* es realizado sin patrones establecidos entre los distintos ganaderos, lo que genera un tiempo de coagulación impreciso al momento de elaborar quesos. Este proceso varía a partir de la obtención de la materia prima, seguido de esto algunos productores optan por secar el cuajar, cortarlo en pequeños trozos y macerarlo, otros agregan directamente a la leche un raspado del interior del cuajar y hay quienes llenan los cuajares con leche para aprovechar la acción de las lipasas provenientes de la saliva del animal, las cuales dan sabor característico a algunos quesos. Este tipo de cuajo se puede presentar en líquido o pasta. (Córdova, 2009).



### 2.2.7. Cuajo industrial

Los *cuajos comerciales* se caracterizan por estandarizar los tiempos de coagulación de la leche debido a que su composición de quimosina - pepsina es más específica en cuanto a los porcentajes de estas enzimas, mantienen una actividad proteolítica general baja y poseen patrones para la elaboración de cuajo, todo esto controlando su calidad microbiológica, esto quiere decir que la gran mayoría solo contienen proteasas y no contienen lipasa pregástrica (Caal, 2015). Por lo general se presentan en líquido, pastillas o polvo. La proporción de quimosina y pepsina en este tipo de cuajo dependerá de la edad del rumiante y su alimentación, además del uso que le dará el productor de quesos.

### 2.2.8. Fuerza del Cuajo

La fuerza del cuajo se refiere al poder de coagulación que esta presenta al momento de coagular la leche. En otras palabras, representa una relación cuantitativa de la coagulación de la leche ante un determinado volumen de cuajo.

Investigadores, especificando a Soxhlet citado por Alais (1996), han definido la fuerza de coagulación como: el volumen de leche fresca procedente de mezcla, coagulados por un volumen de cuajo en un tiempo de 40 minutos a 35°C. El poder coagulante se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{2.400 \times L}{T \times C}$$

Donde:

F: Fuerza de coagulación en unidades Soxhet (US).

L: Volumen de leche en mililitros (mL).

C: Volumen de cuajo en mililitros (mL).

T: Tiempo de coagulación en segundos (s).



### **2.2.9. Proteínas**

Las proteínas, son macromoléculas formadas por una cadena de 20 aminoácidos unidos por enlaces peptídicos, unión entre el átomo de carbono de un residuo de aminoácido y el átomo de nitrógeno del siguiente residuo, en una secuencia específica.

En su estructura, un aminoácido estándar posee un grupo carboxilato, un grupo amino, un átomo de hidrógeno y una cadena lateral R (o grupo R) que es única para cada aminoácido, todos estos unidos a un átomo de carbono: el átomo de carbono  $\alpha$ . De este modo, todos los aminoácidos estándar que contienen las proteínas son  $\alpha$ -aminoácidos.

La conformación nativa (la estructura) de una proteína puede desnaturizarse mediante cambios en el ambiente o tratamientos químicos con la pérdida concomitante de su actividad biológica. La desnaturización sucede dentro de límites relativamente estrechos de temperatura, siendo la mayor parte de las proteínas estables hasta temperaturas de 50°C a 60°C (Horton, Moran, Scrimgeour, Perry y Rawn; 2008, p.107)

### **2.2.10. Enzimas**

Las enzimas, o catalizadores biológicos selectivos, son proteínas globulares formadas por células de diversos organismos y se encargan de acelerar la velocidad de reacción hasta llegar a un equilibrio. A su vez, cada enzima es específica para cada uno de los reactivos o sustratos sobre los que actúan.

Las enzimas se clasifican en seis (6) grandes grupos, a saber: (a) oxidorreductasas; (b) transferasas; (c) hidrolasas; (d) liasas; (e) isomerasas y (f) ligasas. Para la siguiente investigación, se destaca el grupo de las hidrolasas; estas enzimas se caracterizan por catalizar hidrólisis, son enzimas que al reaccionar con agua causan la ruptura polipeptídica; dichas



enzimas que hidrolizan enlaces peptídicos son designadas como proteasas, proteinasas, peptidasas o enzimas proteolíticas.

### **2.2.11. Actividad enzimática**

En una reacción los reactivos (sustrato) se unen a un catalizador (enzima) para formar un complejo enzima - sustrato (ES), seguido el sustrato se transforma en producto disociándose de la enzima; dichos los catalizadores cambian temporalmente, mas no cambian en el proceso general ya que se reciclan para participar en otras reacciones. La unión del complejo ES se lleva a cabo en el sitio activo de la enzima, una hendidura o concavidad que esta posee. Los catalizadores reducen la cantidad de energía necesaria para que se produzca la reacción sin cambiar la posición de equilibrio.

La cinética enzimática se caracteriza por depender de la concentración de la enzima y nunca actúa como producto o sustrato. También, factores como la temperatura, el pH y los inhibidores regulan la actividad enzimática.

### **2.2.12. Regulación de la Actividad enzimática**

#### ***2.2.12.1. Efectos de la concentración de enzima y sustrato***

En una reacción, la velocidad de esta se relaciona directamente con la concentración de una enzima determinada. Inicialmente, en un estado pre - estacionario, al mezclar la enzima con el exceso de sustrato la concentración ES va aumentando, hasta que en un estado secundario, llamado estacionario, la concentración ES permanece constante. Cuando la concentración de la enzima es constante, la velocidad aumenta hasta alcanzar un máximo ( $V_{max}$ ) aunque la concentración del sustrato siga aumentando; la velocidad no puede aumentar debido a que todas las moléculas de enzimas ya están ocupadas. (s.a, 2011)

### **2.2.12.2. Temperatura**

La velocidad de reacción depende de la temperatura óptima de cada enzima, por debajo o por encima de esta la velocidad disminuye. El aumento en la velocidad de reacción se produce porque con temperaturas más altas, existen más moléculas de sustrato con suficiente energía para reaccionar; la disminución de la velocidad de la reacción es debida a la desnaturalización de la enzima. (s.a, 2011)

### **2.2.12.3. pH**

Para cada enzima existe un intervalo o nivel de pH óptimo, cuando este varía la conformación de la enzima se altera produciendo un cambio en el estado de ionización de grupos del sitio activo y llegando a no ser funcional. Además algunas cadenas laterales de aminoácidos pueden actuar como ácidos o bases débiles que desarrollan funciones críticas en el sitio activo del enzima.(s.a, 2011)

### **2.2.12.4. Inhibición reversible de enzimas**

Los inhibidores son sustancias que disminuyen, o incluso anulan, la velocidad de las reacciones catalizadas por enzimas. Horton *et al* (2008, p.143) explican que un inhibidor de enzima (I) es un compuesto que se enlaza con una enzima e interfiere con su actividad. De esta manera, los inhibidores pueden actuar evitando la formación del complejo ES o bloqueando la reacción química que lleva a la formación del producto. Los tipos básicos de inhibición reversible son competitiva, acompetitiva y no competitiva.

En la ***inhibición competitiva*** el inhibidor sólo se puede unir a moléculas de enzima libre que no estén unidas a sustrato alguno. A su vez, cuando una sustancia inhibidora se une con una molécula de enzima, la molécula de sustrato no puede unirse a dicha molécula de enzima,



llamándose *inhibición competitiva clásica*. En algunos casos, el inhibidor se une a un lugar diferente del sitio activo, lo que altera el sitio de unión del sustrato y evita esta unión; este tipo de *inhibición competitiva es no clásica*. (Horton *et al*, 2008, p.143)

Por otro lado, en la *inhibición acompetitiva* la sustancia I sólo se une al ES y no a la enzima libre. En este caso, disminuye  $V_{max}$  por conversión de algunas moléculas de E en la forma inactiva ESI y hacen descender  $K_m$ . Este tipo de inhibición suele presentarse en las reacciones de multisustrato. (Horton *et al*, 2008, p.143).

En contraste, los *inhibidores no competitivos* se pueden unir a la E o al ES y formar complejos inactivos EI o ESI, respectivamente. Además, estos inhibidores no son análogos del sustrato y no se enlazan en el mismo sitio que el S. (Horton *et al*, 2008, p.143).

### 2.3. Herramientas a utilizar

Para la siguiente investigación se van a utilizar las herramientas descritas a continuación.

#### 2.3.1. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo, o flujograma, es una herramienta que representa gráficamente una secuencia de eventos, pasos de procesos y/o toma de decisiones. Permite interpretar fácilmente la documentación de un proceso y favorece a los agentes involucrados a llegar a un acuerdo sobre el método a seguir con mayor convicción y rapidez.

Los flujogramas matriciales se caracterizan porque los agentes intervinientes en el proceso aparecen en la cabecera del dibujo, y subordinadas a ellos se sitúan las actividades desempeñadas por cada uno. Muestra el flujo de tareas entre los involucrados, delimita cargas de trabajo, entre otros. (Pardo 2012)



### 2.3.2. Diagrama de flujo de proceso

El diagrama de flujo de proceso registra las operaciones e inspecciones y muestra los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Dichos diagramas se dividen en *diagramas de flujo de proceso de producto o materiales*, proporcionando los detalles de los eventos que involucran un producto o material, y *diagramas de flujo de proceso de personas u operativos*, mostrando a detalle cómo lleva a cabo una persona una secuencia de operaciones (Niebel y Freivalds, 2009, p26). La simbología adoptada para representar este diagrama se muestra a continuación:

**Tabla 3.** Simbología para el diagrama de flujo de proceso

Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Se lleva a cabo cuando una parte bajo estudio se transforma intencionalmente, o cuando se estudia o se planea antes de que se realice cualquier trabajo productivo en dicha parte
	Transporte	Mover un objeto de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección
	Almacenamiento	Se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización
	Retrasos	Se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo
	Inspección	Se realiza cuando la parte es examinada para determinar su cumplimiento con un estándar

Fuente: Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. Niebel y Freivalds (2009)

### 2.3.3. Diagrama de relaciones

Una relación es el grado relativo de acercamiento, que se desea o requiere, entre diferentes actividades, áreas, etc., según lo determine la información cuantitativa del flujo (volumen, tiempo, costo) de un diagrama desde-hacia, o según las interacciones funcionales o información subjetiva (Niebel y Freivalds, 2009, p88). Un diagrama de relaciones pretende establecer las



vinculaciones entre las diferentes áreas y la importancia de cercanía entre estas según la escala mostrada en la tabla 4. La elaboración de este diagrama Responde a la pregunta: ¿Qué tan importante es para este departamento u oficina estar cerca de otro departamento? (Meyers y P. Stephens, 2006, p.181)

**Tabla 4.** *Valores de relaciones*

Relación	Valores más cercanos	Valor
Absolutamente necesario	A	4
Especialmente importante	E	3
Importante	I	2
Ordinario	O	1
Sin importancia	U	0
No deseable	X	-1

Fuente: Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales Meyers y P. Stephens (2006)

#### **2.3.4. Hoja de trabajo**

La hoja de trabajo es una etapa intermedia entre el diagrama de relación de actividades y el diagrama adimensional de bloques. La hoja de trabajo reemplazará al diagrama de relación de actividades; además interpreta éste y obtiene los datos básicos para elaborar el diagrama adimensional de bloques. (Meyers y P. Stephens, 2006, p.185)

#### **2.3.5. Diagrama adimensional de bloques**

Los autores Meyers y P. Stephens (2009) definen el diagrama adimensional de bloques como “el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aun cuando esta distribución es adimensional, será la base para hacer la distribución maestra y el dibujo del plan” (p.185).

## **CAPITULO III**

### **3. Marco metodológico**

El autor Arias (2012) afirma que la metodología de la investigación “es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación” (p. 19). De esta manera, el siguiente capítulo pretende describir los métodos para la comprensión y análisis del estudio.

#### **3.1. Tipo de investigación**

Pallela y Martins (2012) expresan que “el tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios” (p. 88).

El tipo de investigación aplicada al siguiente estudio corresponde al tipo descriptivo, ya que se caracterizan e interpretan los procesos para el diseño de un plan de implementación.

El autor Fideas Arias (2012) establece que “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24).

#### **3.2. Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación “se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio” (Pallela y Martins, 2012). Dicha estrategia se define por el origen de los datos y la manipulación o no de las condiciones en las que se realiza el estudio.



Diferentes autores clasifican el diseño de la investigación en investigación documental, investigación de campo e investigación experimental. Para efectos del siguiente estudio el diseño de la investigación corresponde a una Investigación de Campo, ya que los datos son obtenidos de fuentes primarias y las condiciones en las que se realiza el estudio no son manipuladas.

Según Arias (2012) “la Investigación de Campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (p.31). Precisando que se emplean datos secundarios para las bases teóricas. En esta investigación los investigadores se trasladaron hasta la empresa por lo que los datos fueron recogidos el trabajo se realizó en el propio campo de producción de queso perteneciente a una compañía específica a la cual se visitó y allí se aplicaron las técnicas e instrumentos.

### **3.3. Modalidad de la investigación**

Se entiende por modalidad de investigación el “modelo de investigación que se adopte para ejecutarla” (Pallela y Martins, 2012). La siguiente investigación tiene por modalidad el Proyecto Factible, ya que en la misma se establecen procesos de detección de necesidades elaboración y diseño de una propuesta ante una situación actual y análisis de sus posibilidades de poder ser ejecutado.

Según UPEL (2006) se entiende por proyecto factible:

Proyecto Factible consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El Proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.



En este trabajo se consideraron para el Proyecto Factible las siguientes etapas (a): la detección de las necesidades, el cual puede basarse en una investigación de campo o en una investigación documental, planteamiento y fundamentación teórica de la propuesta; (b) el procedimiento metodológico para la ejecución; y (c) estudiar la viabilidad o factibilidad del proyecto y sus posibilidades reales de ejecutarse en la realidad tal como indican González; Arias; UPEL; Álvarez citados por Dubs de Moya, ( 2002).

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas de recolección de datos corresponden a los procedimientos para obtener la información, para cada una de las fases de la investigación y los instrumentos son los medios materiales mediante los cuales se adquiere o almacena la información. En el caso específico de esta investigación se utilizaron: (a) la observación directa y (b) la entrevista no estandarizada de acuerdo a Rojas (2010).

“La observación directa es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (Arias, 2012, p.69).

La entrevista no estandarizada o no estructurada es realizada en base a preguntas abiertas, da mucha independencia al investigador ya que permite ir generando más interrogantes a medida que el entrevistado da información.

En esta investigación, la entrevista no estandarizada se realizó al gerente de la empresa, en un primer momento y posteriormente a un miembro del personal técnico, a ambos se les



realizó en su momento una pregunta general amplia y de acuerdo a la información suministrada por los entrevistados los investigadores iban elaborando preguntas más específicas y enfocadas hacia el problema a resolver. Se hizo énfasis en las preguntas acerca de la forma en que se producía el suero hasta ese momento, así como con qué espacios físicos y recursos materiales y humanos contaban para la producción. Las preguntas abiertas sirven como una forma de exploración de la realidad donde se está realizando el estudio.

A fin de recoger la información que se detectó a través de las técnicas de observación directa y de la entrevista no estandarizada se utilizaron los cuadernos de notas y las fotografías, así como los gráficos de flujos.

### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos recogidos en la propia empresa así como los datos obtenidos por la revisión realizada en el marco teórico permitieron sistematizar la organización y descripción de los diferentes procesos de producción de cuajo así como elaborar la propuesta y expresarla a través de las herramientas seleccionadas como fueron los diagramas de flujo, cuadros descriptivos, el diagrama adimensional de bloques, diagramas de operaciones y de procesos. Por otro lado, los datos cuantitativos permitieron ver desde el punto de vista porcentual los beneficios económicos que habrá cuando se aplique la propuesta.



### 3.6. Estructura desagregada

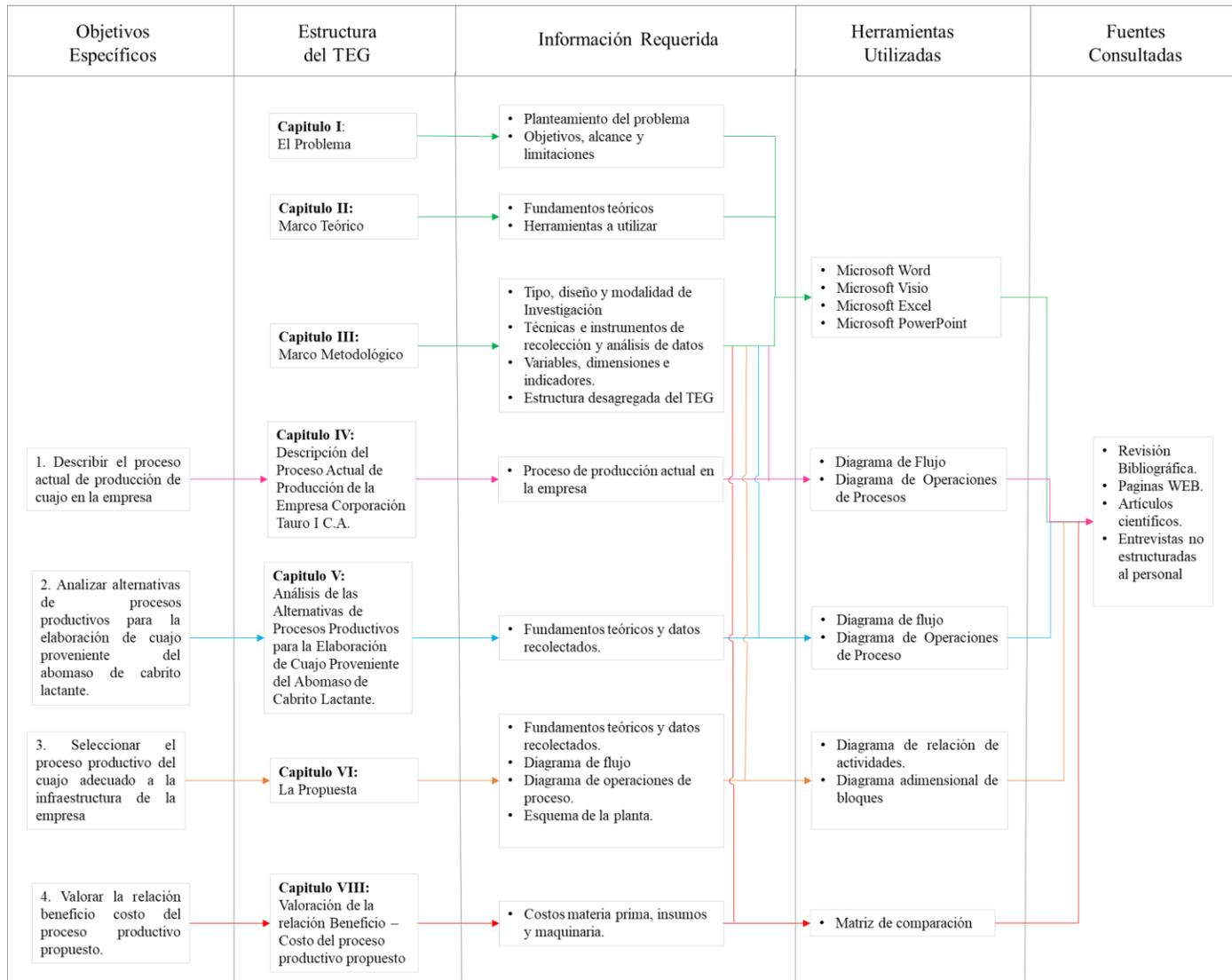


Figura 1. Estructura desagregada



## CAPITULO IV

### **4. Descripción del Proceso Actual de Producción de la Empresa Corporación**

#### **Tauro I C.A.**

En la última década, las enzimas microbianas han sido empleadas en industrias que van desde empresas de alimentos hasta empresas de biología molecular, debido a que estos microorganismos han sido una matriz para generar nuevos productos industriales por la facilidad de acelerar las reacciones químicas en diversos procesos. Estas enzimas poseen ventajas como: (a) la especificidad en las reacciones catalíticas, (b) la transformación de una forma de energía a otra y (c) el manejo moderado de concentraciones de sustrato. En aspectos como la fermentación disminuyen el gasto energético y valor de producción. Además, poseen mayor capacidad de adaptarse a un medio y por ende poseen un alto potencial de formación de colonias de microorganismos, con el fin, de mejorar la capacidad catalítica y proveer beneficios mutuos de actividad enzimática. (Thieman y Palladino, citados por Picho, 2016; Wackett, 2015).

En la elaboración de quesos industriales son utilizados microorganismos de origen fúngico debido a su actividad coagulante; actualmente son empleadas en más de un tercio de la industria lechera en todo el mundo, siendo la cepa más usada comercialmente la proteasa aspártica producida por la cepa *Rhizomucor miehei*. Estas fuentes microbianas son utilizadas debido a su especificidad, periodos de crecimiento cortos, suministro ilimitado, bajos costos de producción y permiten diseñar nuevos sistemas enzimáticos que no son posibles de obtener a partir de fuentes vegetales o animales. (Morillo, García, Ruizdael, Torres, Castañeda, 2015)



En Venezuela, la empresa Corporación Tauro I C.A., se encarga de satisfacer las necesidades del mercado alimenticio dedicado a la fabricación de quesos y sus derivados, suministrando coagulantes de origen microbiano (cepas de hongos). La cepa utilizada por la empresa se denomina *Rhizomucor miehei*, hongo que produce enzimas proteolíticas capaces de romper las micelas de la k-caseína, proteína de la leche. Este tipo de coagulante es una excelente alternativa al cuajo animal debido a la facilidad de producción, tanto de la cepa como de la mezcla del cuajo, y su especificidad de coagulación. De este modo, el producto ofrecido por la empresa es utilizado por los productores para elaborar, entre algunos de ellos, queso fresco, queso mozzarella, queso de mano y queso madurado.

A través de las entrevistas no estructuradas se conoce que el proceso de elaboración del producto está conformado por las siguientes etapas:

- 1. Recepción de materia prima e insumos:** se recibe la materia prima importada, es decir, la cepa del hongo *Rhizomucor miehei*. Además, se reciben los insumos nacionales, tales como los envases, las cajas y cloruro de sodio.
- 2. Protocolo de lote:** en esta fase la materia prima es sometida a un control de calidad para conocer la potencia del cuajo con el que se va a trabajar, es decir Tauro 100 o Tauro 150.
- 3. Mezclado:** Se prosigue a el proceso de mezclado, donde la composición enzimática es obtenida por procesos de síntesis por recombinación bacteriana, luego es estabilizada por una relación equilibrada entre NaCl y la enzima recombinante pura; posteriormente es purificada para establecer los resultados esperados en el cuajado del sustrato específico (leche).

- 4. Llenado y envasado:** la mezcla es enviada a las máquinas de llenado, en donde un operador dispone del envase para llenarlo hasta la medida indicada, luego tapa el envase y lo sella.
- 5. Embalado:** los envases son guardados en cajas de sesenta (60), veinticuatro (24) o doce (12) unidades dependiendo de la presentación del producto.
- 6. Almacenado:** Por último se llevan al almacén los productos ya embalados.

Es de importancia resaltar que entre cada etapa de la elaboración del producto es realizado un control de calidad. El flujograma del proceso expuesto anteriormente se muestra en la figura 2.

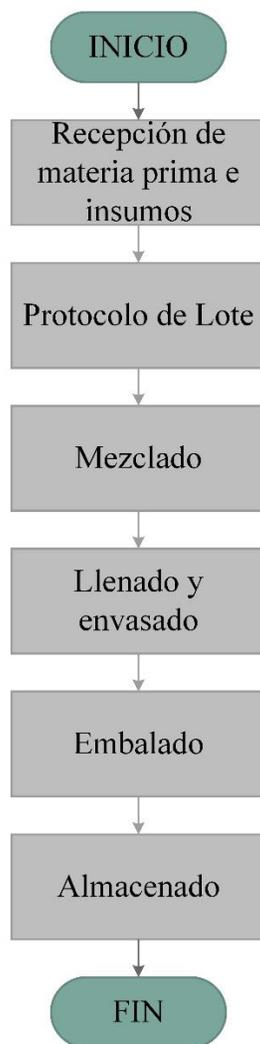


Figura 2. Proceso de elaboración del cuajo microbiano en Corporación Tauro I, C.A

Fuente: Elaboración propia.



Diagrama de Flujo de Proceso									
Fecha:					Ficha número:				
Descripción de la operación: Proceso de elaboración de cuajo									
Resumen		Actual		Propuesto		Diferencia		Operario:	
		Número	Tiempo	Número	Tiempo	Número	Tiempo	Autores:	
●	Operación			4					
➔	Transporte			2					
■	Inspección			1					
D	Demora			0					
▽	Almacenamiento			1					
	Distancia recorrida								
PASO	DETALLES DEL PROCESO	OPER.	TRANSP.	INSP.	DEM.	ALM.	DIST. MTS.	TIEMPO	Observaciones
1	Recepción de materia prima e insumos	●	➔	□	D	▽			
2	Protocolo de lote	○	➔	■	D	▽			Se establece el tipo de cuajo a realizar
3	Dirigirse a la zona de mezclado	○	➔	□	D	▽			
4	Mezclar	●	➔	□	D	▽			
5	Dirigirse a la zona de llenado y envasado	○	➔	□	D	▽			
6	Llenar y envasar los recipientes	●	➔	□	D	▽			
7	Embalado	●	➔	□	D	▽			
8	Almacenar	○	➔	□	D	▽			

Figura 3. Diagrama del flujo de proceso del cuajo microbiano en Corporación Tauro I, C.A

Fuente: Elaboración propia.



## **CAPITULO V**

### **5. Análisis de las Alternativas de Procesos Productivos para la Elaboración de Cuajo Proveniente del Abomaso de Cabrito Lactante.**

La mayor parte de la información relacionada a la metodología del proceso de elaboración de cuajos a partir del abomaso de cabritos lactantes, se obtuvo mediante el análisis de diversas fuentes bibliográficas y entrevistas directas con personal de la empresa conocedor del tema, así como la observación directa del espacio disponible donde se plantea llevar a cabo el diseño de este proyecto. A continuación, se describen las metodologías del proceso para la elaboración de cuajo líquido.

#### **5.1. Proceso industrial**

##### **5.1.1. Tratamiento de materia prima o acondicionamiento.**

Debido a que los abomasos de cabritos lactantes son recibidos ya acondicionados y congelados, justo desde el momento del sacrificio del animal, en esta etapa se lleva a cabo el descongelamiento a temperatura ambiente de los mismos para poder ser cortados y así, facilitar la extracción de enzimas. El cortado se realiza en trozos de tamaño uniforme.

Como se hace mención anteriormente, parte del acondicionamiento de la materia prima que llega tiene que ver con la regulación del pH para poder mantener la actividad enzimática luego de su reactivación, esto se lleva a cabo en concentraciones de salmuera de 75 gramos de cloruro de sodio por litro, ajustándose a un pH de 4,6 durante un período de una semana en promedio.



### 5.1.2. Extracción de la enzima

Este proceso se basa en lograr extraer la mayor cantidad de enzima contenida en las paredes del abomaso del animal, y al mismo tiempo se obtiene la proenzima, que es un precursor inactivo, así lo establece (Webb et al, 1997).

La composición de la solución de extracción debe ser la adecuada para evitar el desarrollo de microorganismos que puedan alterar el poder coagulante del cuajo. Básicamente consiste en una solución salina adicionada de uno o más antisépticos; el agua utilizada para la preparación de las soluciones debe estar libre de microorganismos alteradores; Vitoria (1990) no recomienda el uso de agua hervida o destilada porque parece afectar a la extracción de la enzima así como su conservación.

Esta etapa se puede llevar a cabo durante un período de 4 a 10 días como máximo, ya que una duración de tiempo mayor puede involucrar el incremento del paso de proteínas, lo que conlleva a su vez, mayor cantidad de gérmenes microbianos que pueden afectar el rendimiento del cuajo. Sin embargo, a fines de optimizar los tiempos, el mismo proceso se puede realizar mediante la utilización del “*método ultrasónico*” el cual se lleva a cabo utilizando un homogeneizador de tejidos.

En general, los ultrasonidos dan como resultado una permeabilización de la membrana celular a los iones (Mummery, 1978), y pueden reducir significativamente su selectividad. La acción mecánica de los ultrasonidos mejora la difusión de disolventes hacia el tejido. Mientras que los ultrasonidos rompen mecánicamente la pared celular por las fuerzas de cizalla provocadas por la cavitación, también se facilita la transferencia de masa desde la célula al solvente. Además, la reducción del tamaño de las partículas producida por

la cavitación acústica incrementa la superficie de contacto entre la fase sólida y la fase líquida.

Los ultrasonidos también pueden intensificar los efectos de un tratamiento enzimático y, por ello, reducir la cantidad de enzima necesaria y aumentar el rendimiento de los compuestos extraíbles de interés, por lo que este efecto puede reflejarse en la productividad de la empresa.

### **5.1.3. Purificación**

En esta etapa, también llamada filtrado, consiste en aislar todo tipo de restos orgánicos e impurezas que si no son removidas de la sustancia pueden afectar negativamente el poder de coagulación y por ende, su rendimiento. Existen diversos métodos para llevar a cabo esta operación, como lo es la adición de sustancias precipitantes, la utilización de prensas, filtros esterilizantes o el uso de máquinas centrifugadoras.

La centrifugación es un método en el cual se lleva a cabo la separación en sólidos de líquidos, o líquidos de líquidos de diferentes densidades, también se le denomina con el término de extracción. Esta operación provoca la sedimentación de los cortes del abomaso gracias fuerza centrífuga, la cual obliga a estas partículas separarse.

La centrifugación se puede llevar a cabo a escala preparativa o escala analítica. La primera se utiliza para aislar partículas para su aprovechamiento posterior y la segunda permite determinar propiedades físicas como la velocidad de sedimentación o el peso molecular.

La centrifugación preparativa, siendo ésta la correspondiente operación que forma parte del proceso para la elaboración del cuajo, se utiliza para separar partículas según la



velocidad de sedimentación (centrifugación diferencial), la masa (centrifugación zonal) o la densidad (centrifugación isopícnica). En el primer caso se obtiene un líquido sobrenadante y un material sedimentado.

#### **5.1.4. Maduración**

Debido a que durante la maceración no sólo se extrae la enzima sino también la proenzima, es necesario el período de maduración para activar a esta última y así obtener un cuajo líquido con mayor poder de coagulación. La activación puede realizarse de dos maneras (Alais, 1996), que se mencionan a continuación.

Rápida; a pH 2,0 la activación es instantánea (Alais, 1996), pero la estabilidad de la enzima en presencia del cloruro de calcio es menor.

Lenta; a pH 4,0–5,0, según Rang y Ernestron, citados por Webb et al (1997).

Pedersen et al (1998), reportan que la activación de la proquimosina bovina a pH menores de 2,5 produjo una pseudoquimosina activa, que poseía 15 residuos de aminoácidos más largos que la quimosina. La pseudoquimosina se convirtió a quimosina a pH superiores de 5,5.

#### **5.1.5. Envasado**

El cuajo líquido deberá ser envasado en recipientes herméticos, preferiblemente de color blanco o transparente, de manera que exista la menor interacción con el ambiente que puedan afectar la actividad enzimática.



### 5.1.6. Almacenado

Se considera esta etapa muy importante, ya que si se realiza en condiciones inadecuadas el poder de coagulación puede verse afectado negativamente, incluso hasta perderlo por completo. Además, se deben de mantener en un área que se encuentre en seco y protegido del efecto de la luz solar. Existen dos métodos para el almacenamiento del cuajo líquido, mostrados a continuación.

#### 5.1.6.1. Refrigeración

El cuajo líquido se puede almacenar a temperatura de 4°C para conservar la fuerza donde Anifantakis y Green (1992) citados por Cordova (2009), demostraron que la actividad total recuperada de la enzima del abomaso, aumenta entre el 1er y 30vo día después de la extracción y posteriormente declinó, cuando se almacenaron a 4°C.

#### 5.1.6.2. Criogenización

Mafart (1994), citado por Cordova, explica que:

Este procedimiento no requiere de ninguna instalación frigorífica sino que emplea el contacto directo por aspersion de un gas “gas líquido” sobre el producto. Nitrógeno Líquido, cuyo punto de ebullición normal es de -196°C a -198°C se almacena a presión atmosférica. El nitrógeno gaseoso sale del congelador a una temperatura de alrededor de -40°C y puede ser eventualmente reciclado a la entrada del congelador con el fin de pre enfriar el producto, generalmente el nitrógeno líquido es usado para conservar productos sensibles al deterioro pero de alto valor, y es más utilizada para la conservación de proteínas, siendo este tipo de conservación muy bueno. Las ventajas de la conservación criogénica son: congelación muy rápida, simplicidad de uso y bajo costo de inversión



En la figura 4 se representa el diagrama de flujo de la elaboración de cuajo líquido comercial.



Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cuajo comercial

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra el diagrama de flujo de procesos en donde se representa el proceso de elaboración del cuajo derivado de cabritos lactantes a partir de los abomasos.



Diagrama de Flujo de Proceso									
Fecha:					Ficha número:				
Descripción de la operación: Proceso de elaboración de cuajo microbiano									
Resumen		Actual		Propuesto		Diferencia		Operario:	
		Número	Tiempo	Número	Tiempo	Número	Tiempo	Autores:	
●	Operación			4					
➔	Transporte			2					
■	Inspección			1					
D	Demora			0					
▽	Almacenamiento			1					
Distancia recorrida									
PASO	DETALLES DEL PROCESO	OPER.	TRANSP.	INSP.	DEM.	ALM.	DIST. MTS.	TIEMPO	Observaciones
1	Recepción de materia prima e insumos	●	➔	□	D	▽			
2	Protocolo de lote	○	➔	■	D	▽			Se establece el tipo de cuajo a realizar
3	Dirigirse a la zona de mezclado	○	➔	□	D	▽			
4	Mezclar	●	➔	□	D	▽			
5	Dirigirse a la zona de llenado y envasado	○	➔	□	D	▽			
6	Llenar y envasar los recipientes	●	➔	□	D	▽			
7	Embalado	●	➔	□	D	▽			
8	Almacenar	○	➔	□	D	▽			

Figura 5. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de cuajo microbiano.

Fuente: Elaboración propia



## **5.2. Proceso Artesanal**

### **5.2.1. Tratamiento de materia prima o acondicionamiento.**

Luego de haber sido extraído el compartimiento intestinal correspondiente al cuajo propiamente dicho, se debe limpiar el mismo, remover las vísceras, contenido orgánico y demás residuos que se puedan encontrar en el abomaso. Para esto, se lleva a cabo el corte y apertura del estómago para posteriormente aplicar el salado, cubriendo con sal toda la superficie para lograr el disecado del mismo.

### **5.2.2. Secado**

Una vez realizada la etapa de acondicionamiento, es necesario el secado de los abomasos con el objetivo de conservar las características de la enzima, llevar a cabo esta operación es fundamental en el proceso de elaboración de cuajo líquido, debido a que el estómago tiene que estar completamente disecado para posteriormente utilizarse como coagulante.

### **5.2.3. Cortado**

A partir del abomaso seco y deshidratado con sal, el mismo debe ser cortado en trozos preferiblemente uniformes, se debe tener en cuenta que mediante la utilización de esta metodología no se obtiene una fuerza coagulante precisa, debido a que las proporciones pueden variar constantemente, es decir, el cuajo líquido producido de esta forma no posee un rendimiento estándar.

### **5.2.4. Almacenado**

Se debe envasar el cuajo líquido en frascos de vidrio, colocando los trozos de abomaso y completar con suero derivado del mismo animal preferiblemente. El lugar de

almacenamiento debe ser en un sitio oscuro y fresco las primeras 24 horas, posteriormente se debe mantener refrigerado.

En la figura 6 se representa el diagrama de flujo de la elaboración de cuajo líquido comercial.

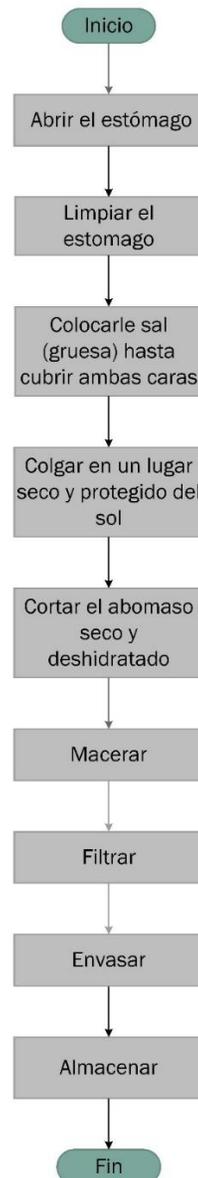


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cuajo artesanal

Fuente: Elaboración propia



Diagrama de Flujo de Proceso									
Fecha:					Ficha número:				
Descripción de la operación: Proceso de elaboración de cuajo artesanal									
Resumen		Actual		Propuesto		Diferencia		Operario:	
		Número	Tiempo	Número	Tiempo	Número	Tiempo	Autores:	
●	Operación			7					
➡	Transporte			1					
■	Inspección			0					
⌒	Demora			2					
▼	Almacenamiento			1					
	Distancia recorrida								
PASO	DETALLES DEL PROCESO	OPER.	TRANSP.	INSP.	DEM.	ALM.	DIST. MTS.	TIEMPO	Observaciones
1	Abrir el estomago	●	➡	□	D	▼			
2	Limpiar el estomago	●	➡	□	D	▼			
3	Colocar sal al abomaso hasta cubrir las dos caras	●	➡	□	D	▼			
4	Dirigirse a la zona de secado	○	➡	□	D	▼			
5	Colgar abomaso	●	➡	□	D	▼			Lugar seco y protegido del sol
6	Esperar a que se seque el abomaso	○	➡	□	⌒	▼			
7	Cortar abomaso	●	➡	□	D	▼			Trozos uniformes
8	Macerar	○	➡	□	⌒	▼		24 h	Colocar trozos en un envase de vidrio y completar con suero
9	Filtrar	●	➡	□	D	▼			Utilizar mallas de filtrado
10	Envasar	●	➡	□	D	▼			
11	Almacenar	○	➡	□	D	▼			Refrigerar

Figura 7. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de cuajo microbiano

Fuente: Elaboración propia.



## **CAPITULO VI**

### **6. La propuesta**

En este capítulo se expone la propuesta derivada del objetivo principal, sea este diseñar el proceso de producción de cuajos derivados de cabritos lactantes, con el fin de diversificar la línea de productos de Corporación Tauro C.A. para satisfacer las necesidades del mercado.

Se ha realizado una amplia investigación de las diversas metodologías para producir cuajo derivado de cabritos lactantes, con el fin de adaptar el proceso adecuado a los requerimientos y necesidades de la empresa. En el capítulo anterior, se describieron los procesos aunados a la elaboración de dicho cuajo a nivel industrial, destacando que cada etapa de la elaboración del producto es indispensable para cubrir los estándares de calidad de la empresa.

#### **6.1. Proceso productivo**

La selección del proceso propuesto se basa en la automatización de este, con el propósito de un diseño eficiente que permita la adaptación de las áreas de trabajo para expansiones futuras. Es por esto que se plantea la metodología del proceso industrial ya que según diversos estudios se ha comprado que se requieren a lo sumo nueve (9) abomasos para producir un litro de cuajo; a diferencia del proceso artesanal en el cual se requieren entre doce (12) y trece (13) abomasos.

A continuación se detallan las etapas del proceso seleccionado para la elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes, basado en la industrialización del proceso para obtener cuajo industrial. El diagrama de flujo asociado a este proceso se aprecia en la figura 4.

- 1. Recepción de materia prima:** Se recibe la materia prima congelada y seguido se guarda en los congeladores destinados para ello.
- 2. Tratamiento de materia prima:** En esta etapa, se retira el abomaso del congelador para que se acondicione a temperatura ambiente; previo del descongelamiento de la materia prima se realizan cortes al abomaso para facilitar la extracción de la enzima (quimosina), seguido se le agrega una solución de cloruro de sodio al 3% p/v con ajuste del pH a 4,8 para constituir la mezcla con la que se va a trabajar.
- 3. Extracción:** mediante un homogeneizador de tejidos se reducen las partículas de la mezcla para la extracción de la quimosina; este proceso se realiza durante una (1) hora aproximadamente.
- 4. Purificación:** la mezcla es centrifugada durante una (1) hora, para retirar todo tipo de restos no deseados en el cuajo.
- 5. Maduración:** la mezcla se deja reposando en un recipiente para que se reajuste el pH y se active la proquimosina, con el fin de obtener una mayor fuerza de coagulación, hasta obtener el producto final (cuajo).
- 6. Envasado:** el cuajo es llevado a los envases correspondientes para su venta, seguido se le agrega nitrógeno líquido para su conservación.
- 7. Almacenado:** el producto es almacenado en un congelador a  $-4^{\circ}\text{C}$

## **6.2. Materia Prima e Insumos**

La fuente de materia prima para la producción de cuajo proviene del cuarto estomago (abomaso) de cabritos, del cual se extrae la enzima principal para la elaboración del cuajo líquido, es decir, la quimosina.



A nivel nacional, durante las temporadas de parto en los criaderos de cabras lecheras la relación de hembras con respecto a los machos que nacen es de 50/50, siendo los machos sacrificados debido a su alto costo de mantenimiento. En consecuencia, se aprovecha el estómago en lugar de ser desechado; considerando que para obtener un litro de cuajo se requieren de ocho (8) a nueve (9) abomasos.

A continuación, en la tabla 5, se presentan los insumos necesarios para la elaboración del cuajo.

**Tabla 5** *Insumos para el proceso de elaboración de cuajo líquido*



INSTRUMENTOS	FIGURA	FUNCIÓN
Balanzas		Determinar el peso de las proporciones de la mezcla.
Agitador		Mantener movimiento en la mezcla al momento de macerado.
pH metro		Verificar el nivel de acidez de la sustancia.
Mesones		Donde se realizarán las operaciones y donde se colocarán los equipos.
Termómetros		Medir temperatura.
Cuchillos		Para realizar los cortes del abomaso.
Recipientes (Beakers)		Donde se deposita la sustancia del producto.
Tubos de ensayo		Recipientes necesarios para el uso de los equipos.
Nitrógeno líquido		Insumo para el almacenamiento de producto final.

Fuente: Elaboración propia.



### 6.3. Maquinaria Requerida

Para obtener mayor rendimiento en el proceso de elaboración del cuajo y cumplir con los estándares de calidad de la empresa, se propone la utilización de los siguientes equipos:

#### 6.3.1. Homogeneizador de Tejidos

El homogeneizador de tejidos es un equipo destinado a la disgregación de tejidos sin romper la estructura celular. El homogeneizador propuesto posee las siguientes características:

**Tabla 6** Características del homogeneizador TOPT-08

<b>Homogeneizador JumboMix 3500 VW</b>	
Optimal volume for blending	200-3500 mL
Blending time	from 1 s to 59 mn, count-down, ∞
Speed	variable 1.5 / 3 / 4.5 / 6 strokes/s
Dimensions (w x d x h)	52 x 47 x 47 cm
Weight	56 kg
Power	100-127 V / 220-240 V 50-60 Hz

Fuente: elaboración propia



Figura 8 Homogeneizador de tejidos ultrasónico

Fuente: <https://www.interscience.com/en/products/lab-blenders/jumbomix-r-3500-range/article/jumbomix-r-3500-vw>

### 6.3.2. Maquina Centrifugadora

La centrifugación es un método utilizado para separar los componentes sólidos o las partículas de densidad mayor de líquidos, precipitándolos mediante la fuerza centrífuga. La centrifugadora propuesta tiene un volumen máximo de 12 litros, instrumento ideal para la separación de la sangre, precipitación de proteínas y recolección de células; tiene además las siguientes características:

**Tabla 7** Características del homogeneizador TOPT-08

Centrifugadora CDL7MC	
Marca	Toption
Capacidad	6*2000 ml
Rango de tiempo	1 - 99H59min
Peso	380kg
Rango de temperatura	-20°C - 40°C
Precisión de Velocidad	± 50r/min
Potencia	AC110/220 V, 50-60Hz, 35A
Identificación del rotor	Identificación Automática
Dimensiones	950*870*1300mm
Exactitud temp	± 1°C

Fuente: elaboración propia



*Figura 9. Centrifugadora Toption instruments.*

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cdl7mc-large-capacity-refrigerated-centrifuge-882538708.html?spm=a2700.8698675.29.186.10d7604fs4V0cg>

### **6.3.3. Refrigerador**

La disposición de este equipo es indispensable para mantener tanto la materia prima como el producto final en condiciones óptimas. A continuación se encuentran las características del refrigerador propuesto.



**Tabla 8** Características del freezer Nor-Lake Scientific Solid-Door

Freezer Nor-Lake Scientific Solid-Door	
Amperage	14.9 <sup>a</sup>
Hertz	60Hz
Refrigerant	R-404A
Defrost	Automatic
Capacity (Metric)	1472.48L
Dimensions (D x W x H) Interior	30 x 51 x 59 in. (76 x 129 x 149cm)
Temperature Range	-10° to -25°C
Voltage	115V
Weight (Metric)	250.38kg
Display	LED
Certifications/Compliance	UL, cUL
Capacity (English)	52 cu. ft.
Dimensions (L x W x H) Exterior	34.87 x 55 x 79.6 in. (88 x 139 x 202cm)
Type	Upright
Electrical Requirements	115V 60Hz
Temperature Sensor	Microprocessor



*Figura:* Nor-Lake™ Scientific Nor-Lake™ Scientific Premier Solid-Door Freezer, 52 cu. ft.

*Fuente:* <https://www.fishersci.com/shop/products/nor-lake-scientific-premier-solid-door-freezers-52-cu-ft/22650618>



#### 6.4. Capacidad instalada

Luego de conocer las capacidades de los equipos necesarios y la materia prima requerida para la producción de cuajo líquido, es necesario determinar la capacidad instalada del proceso. Pensando en futuras expansiones y crecimiento de la empresa, se toman en cuenta diversos factores con el propósito de satisfacer la demanda del mercado.

Para el diseño propuesto de este proyecto se plantea disponer de dos (2) homogeneizadores y una (1) centrifugadora. En la tabla 9 se observa la capacidad de cada equipo.

**Tabla 9** Capacidad de equipos para la elaboración de cuajo líquido.

Equipos	Capacidad (L)	Cantidad	Total (L)
Homogeneizador de tejidos (JumboMix)	3,5	2	7
Centrifugadora (CDL7MC)	12	1	12

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al equipo con mayor capacidad, la centrifugadora, se procesan 12 litros de mezcla. Como consecuencia, se necesitan tres (3) homogeneizadores de tejidos para cubrir los litros de mezcla que se procesan en la centrifugadora. Sin embargo, se propone emplear dos (2) homogeneizadores de tejidos simultáneamente; por lo tanto se producen siete (7) litros de mezcla por ciclo de producción.

Como se mencionó anteriormente, en la producción de cuajo se requieren de nueve (9) abomasos por litro; para satisfacer con lo propuesto se debe multiplicar la capacidad estimada del ciclo por la cantidad necesaria de abomasos.

$$7 \text{ litros} \times 9 \frac{\text{abomasos}}{\text{litros}} = 63 \text{ abomasos}$$



En la siguiente tabla se muestra la capacidad de producción estimada cumpliendo el 100% de la capacidad instalada asumiendo un ciclo de producción por un turno de ocho (8) horas.

**Tabla 10** *Producción estimada para cubrir con la capacidad instalada.*

Capacidad de producción	Abomasos	Litros de cuajo líquido
Por día	63	7
Mensual (21 días)	1.323	147
Anual	15.876	1.764

Fuente: Elaboración propia.

En condiciones donde la empresa pueda adquirir mayor cantidad de materia prima se propone realizar varios ciclos de producción por día. Es decir, que mientras una mezcla se encuentre en la etapa de centrifugación, se comience un nuevo ciclo de producción ya que se dispone de los homogeneizadores.

Dado que la capacidad de producción está determinada por ciclos, se mantiene el volumen de producción calculado. Sin embargo, para determinar la producción por día es indispensable conocer la cantidad de abomasos a disponer.

Por otro lado, si no se puede satisfacer la demanda se pueden implementar dos (2) turnos laborales o adquirir maquinaria para ampliar la línea de producción.

Es de importancia resaltar que la adquisición es de abomasos de cabritos lactantes es la principal limitante en el proceso de elaboración de cuajo, debido a que depende del volumen de cabritos que nacen en temporadas de partos.



## **6.5. Asignación de áreas**

La empresa dispone de un área de  $404,69 \text{ m}^2$  para realizar el proyecto propuesto, de los cuales se plantea destinar  $50 \text{ m}^2$  suficientes para satisfacer con el espacio requerido para la implementación del proyecto.

A continuación se describen las áreas necesarias para el proceso de elaboración del cuajo proveniente de los abomasos de cabritos; al conocer dichas áreas se facilita la distribución de la planta para la elaboración del cuajo.

### **6.5.1. Recepción de materia prima**

En esta operación, una vez recibidos los abomasos de cabritos lactantes se deben llevar inmediatamente al almacén para ser refrigerados. Debido a que el espacio disponible donde se plantea la propuesta se encuentra en el primer piso del edificio donde está ubicada la empresa Corporación Tauro I, C.A, se dificulta el acceso para trasladar la materia prima al sitio de almacenamiento, por lo tanto, se plantea la instalación de un ascensor, de manera que pueda ser más práctico el manejo del traslado al momento de la llegada de la materia prima.

### **6.5.2. Área de acondicionamiento**

En esta área se lleva a cabo el corte de los abomasos y la preparación de la solución de cloruro de sodio al 3% p/v con ajuste del pH a 4,8 para el sumergido de los mismos. Para la realización de esta operación se recomienda el uso de cuchillos de acero inoxidable, además de recipientes donde se coloca la mezcla para su posterior procesamiento.

El área asignada a este espacio es de  $1,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$ , es decir  $1,8 \text{ m}^2$



### **6.5.3. Área de extracción**

En esta etapa, se extrae la sustancia constituida principalmente de quimosina, donde se propone utilizar métodos ultrasónicos para la realización de este proceso. Para ello, se debe contar con un homogeneizador de tejidos, un equipo utilizado para la mezcla que contiene los cortes del abomaso en la solución de cloruro de sodio con el respectivo pH regulado. El tiempo de duración estimado para que esta operación se lleve a cabo es de 45 minutos a 1 hora, de manera tal que se pueda extraer la mayor cantidad de enzima posible.

El área asignada a este espacio es de 2,45 m x 1,5 m, es decir  $3,675 m^2$

### **6.5.4. Área de purificación**

Este proceso se realiza mediante el uso de una centrifugadora, ya que de esta manera es mucho más práctico que utilizando sustancias precipitantes, filtros o prensas, debido a que estos últimos pueden tomar más tiempos y son menos eficientes. Sin embargo, se plantea la utilización de mallas o filtros luego de la centrifugación para que la sustancia obtenida quede lo más limpia posible.

El área asignada a este espacio es de 1 m x 1,5 m, es decir  $1,5 m^2$

### **6.5.5. Área de maduración**

La inclusión de esta área es necesaria debido a que durante los procesos anteriores para la extracción de la enzima también se obtienen compuestos inactivos que son necesarios activar para aumentar la efectividad del cuajo líquido. En esta etapa sólo se requiere la preparación de soluciones con pH entre 4,0-5,0, por lo que se llevará a cabo el proceso de maduración lenta, explicado anteriormente.

El área asignada a este espacio es de 1,5 m x 1,5 m, es decir  $2,25 m^2$

#### **6.5.6. Área de envasado**

En esta área se dispone de los insumos necesarios para el envasado del producto, como lo son: envases plásticos de color blanco o transparente y tapas de cierre hermético; de manera tal que el líquido quede totalmente sellado, protegido y listo para ser almacenado.

Además, se hace uso de nitrógeno líquido para la conservación del cuajo líquido, debido a que mediante esta metodología la efectividad del cuajo no disminuye con el transcurso del tiempo.

El área asignada a este espacio es de 1,5 m x 1,5 m, es decir  $2,25 m^2$

#### **6.5.7. Área de almacenamiento**

Este es el espacio designado para el almacenaje tanto de la materia prima como del producto terminado, es decir, el cuajo líquido, donde se necesitan neveras y congeladores para mantener los productos en las condiciones requeridas.

El área asignada a este espacio es de 1,5 m x 3,5 m, es decir  $5,25 m^2$

A continuación se presenta el diagrama de flujo de funciones cruzadas por áreas.



**Diagrama de flujo de funciones cruzadas**

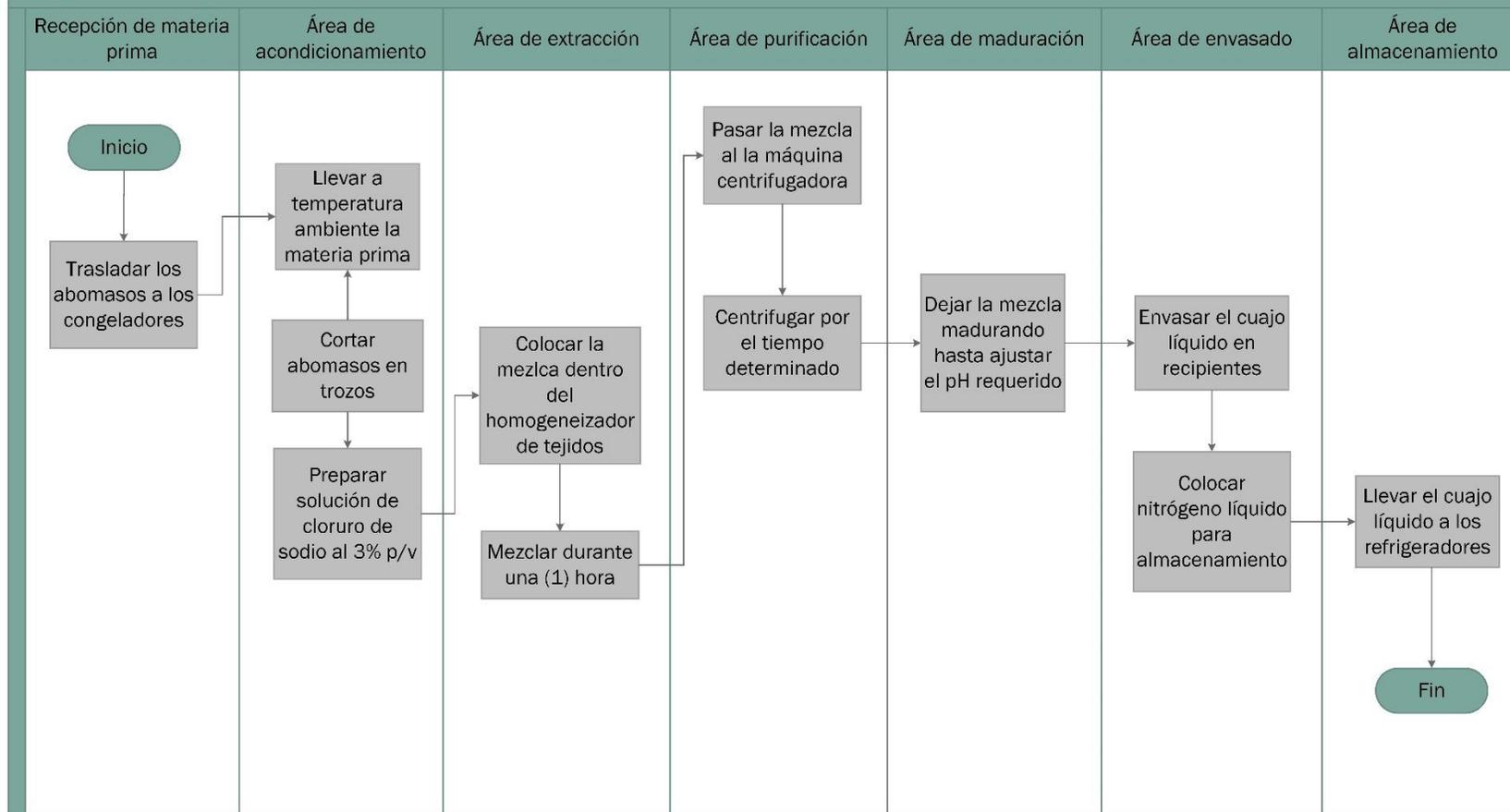


Figura 10. Diagrama de funciones cruzadas del proceso de elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes por área.

Fuente: Elaboración propia.



### 6.6. Distribución de la planta

Para el diseño óptimo de las instalaciones se hace uso del diagrama de relación de actividades para determinar la distribución de las áreas con la menor cantidad de deméritos posibles mediante el diagrama adimensional de bloques.

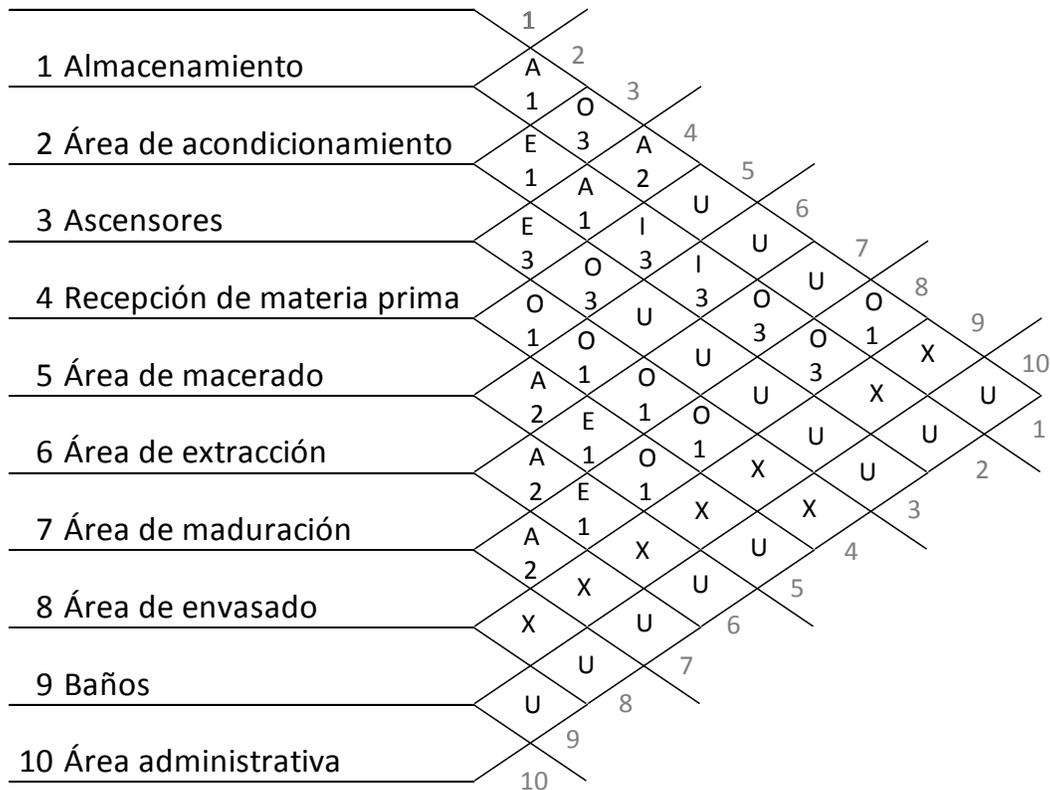


Figura 11. Diagrama de relaciones

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 11. Hoja de trabajo**

	Actividad	Grado de cercanía					
		A	E	I	O	U	X
1.	Almacenamiento	2,4			3,8	5,6,7,10	9
2.	Área de acondicionamiento	1,4	3	5,6	7,8	10	9
3.	Área de cortado	5	2		4,6,7,8	1,10	9
4.	Recepción de materia prima	1,2			3,5,6,7,8		9,10
5.	Área de macerado	3,6	7	2	4,8	1,10	9
6.	Área de extracción	5,7	8	2	3,4	1,10	9
7.	Área de maduración	6,8	5		2,3,4	1,10	9
8.	Área de envasado	7	6		1,2,3,4,5	10	9
9.	Baños					10	1,2,3,4,5,6,7,8
10.	Área administrativa					1,2,3,5,6,7,8,9	4

Fuente: Elaboración propia.

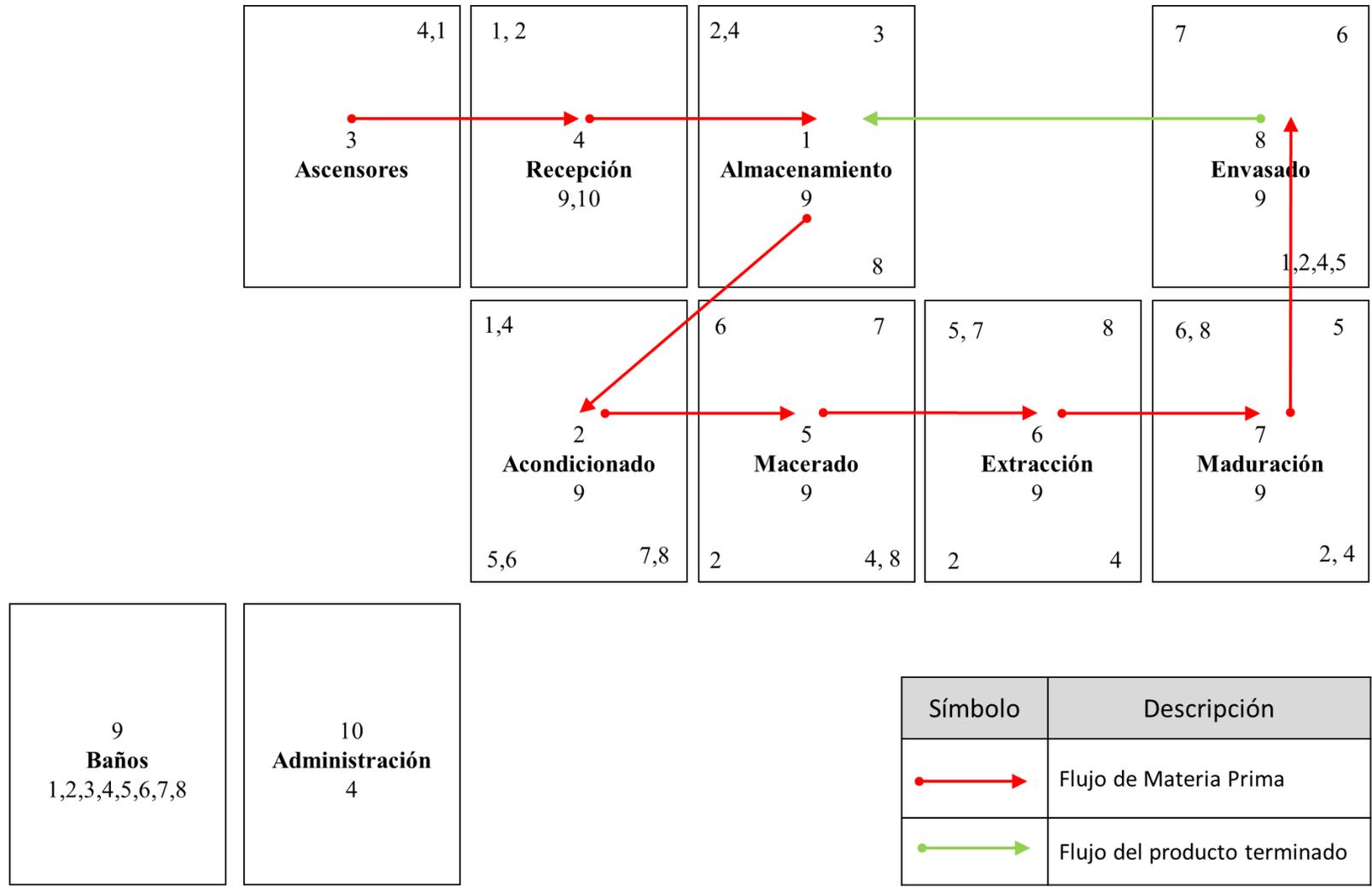


Figura 12. Diagrama adimensional de bloques

Fuente: Elaboración propia



Para establecer los deméritos se toma en cuenta que en el diagrama adimensional de bloques las relaciones de tipo A deben estar en contacto por sus lados, las relaciones de tipo E, I, O deben conectarse por los vértices y las relaciones de tipo X no deben estar juntas. Si se comete algún incumplimiento se penaliza con la ponderación asignada. En la siguiente tabla se muestran los deméritos obtenidos.

**Tabla 12.** Deméritos contabilizados

Demeritos			
Código	Ponderación	Total	Deméritos
A	10	2	20
E	5	2	10
I	3	0	0
O	1	0	0
X	10	0	0
		<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se muestra el área disponible para el proyecto propuesto. Seguido, la distribución del área seleccionada para la elaboración del proceso productivo junto a la distribución asignada de las etapas correspondientes al proceso.

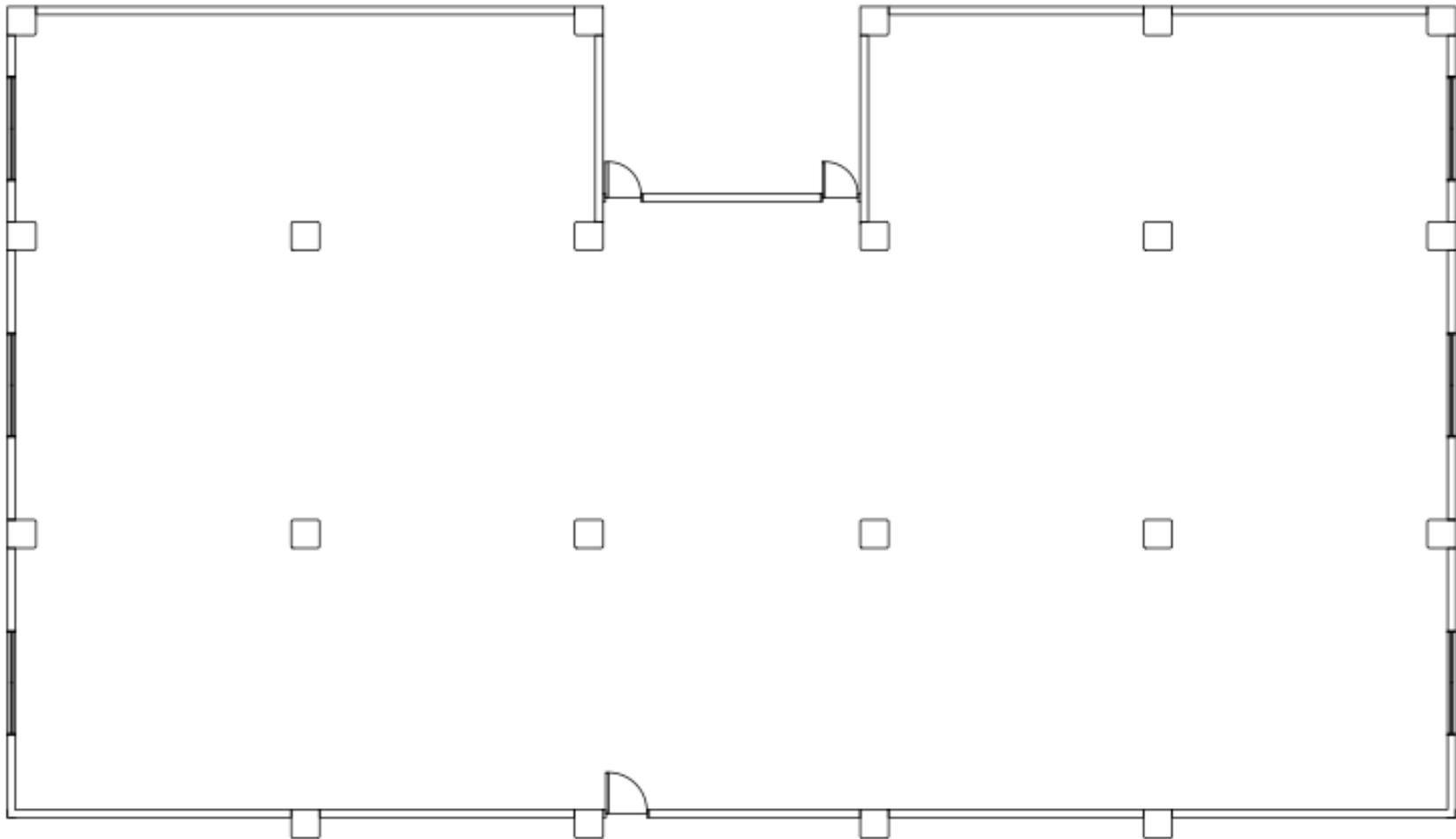


Figura 13. Distribución de la planta

Fuente: Elaboración propia.

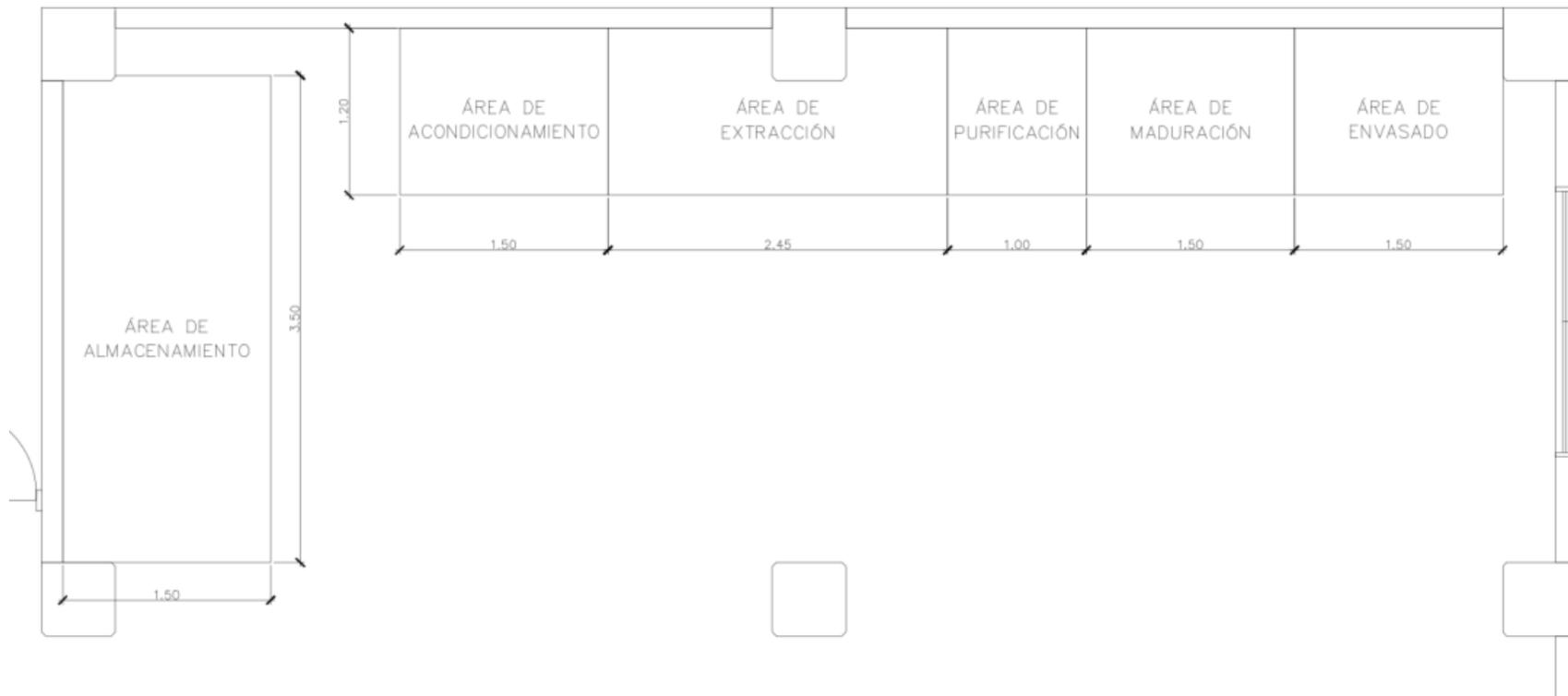


Figura 14. Distribución de áreas.

Fuente: Elaboración propia.



## CAPITULO VII

### 7. Valoración de la Relación Costo – Beneficio del Proceso Productivo

#### Propuesto

Para la implementación de este proceso, se estima un costo aproximado de inversión de 55.184,59 \$ dólares; obteniendo el beneficio realizando el proceso con producto nacional. A continuación, en la tabla se representan los costos de la maquinaria y la mano de obra para la inversión.

**Tabla 13** *Costos de equipos necesarios*

Equipos/ Insumos	Cantidad/Set	Costo (\$)/unidad	Costo de envío (\$/unidad)	TOTAL (\$)	TOTAL (BSF.)
Homogeneizador de tejidos	2	3.000,00	600,00	7.200,00	504000000
Máquina centrifugadora	1	4.000,00	800,00	4.800,00	336000000
pH metro	2	510,95	102,19	1.226,28	85839600
Mesones	5	2.551,00		12.755,00	892850000
Balanzas	1	1.683,50		1.683,50	117845000
Agitadores	1	1.739,40		1.739,40	121758000
Termómetros	1	65,00		65,00	4550000
Cuchillos	1	55,00		55,00	3850000
Recipientes de vidrio	1	45,10		45,10	3157000
Tubos de ensayo	1	52,50		52,50	3675000
Nitrógeno líquido	1	422,34	84,47	506,81	35476560
Congelador	2	10.430,00	2.086,00	25.032,00	1752240000
Gastos de mano de obra	3	8,00		24,00	1680000
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>24.562,79</b>	<b>3.672,66</b>	<b>55.184,59</b>	<b>3862921160</b>

Fuente: Elaboración propia.

Implementar y realizar el proceso productivo mediante la utilización de fuente de materia prima nacional es conveniente debido a que se investigaron los costos asociados a la importación del producto ya procesado y este representa un mayor gasto para la empresa.



Los costos asociados a la elaboración del cuajo líquido en un ciclo, es decir, producir 7 litros de cuajos, se muestra en la tabla 14. La estimación de dicho costo se determinó con base a una tasa de dólar DICOM, por ende al ser el precio del mercado paralelo mayor, indirectamente el resultado es beneficioso.

**Tabla 14.** *Costo del ciclo productivo de cuajo nacional*

Costo del ciclo productivo	Cantidad	Costo total (\$)	Costo total (Bsf.)
Costo de M.P por ciclo operativo	63	105,00	7.350.000,00
Gastos de mano de obra	3	24,00	1.680.000,00
Gastos de servicios	-	0,5	35.000,00
<b>TOTAL</b>	-	<b>129,50</b>	<b>9.065.000,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra la comparación de los costos que incurren llevar a cabo el proceso de elaboración de cuajo líquido en la Corporación Tauro I C.A. con importar el producto.

**Tabla 15.** *Comparación de costos de cuajo nacional con el cuajo importado*

Cuajo	Cantidad (kg)	Costo (\$)	Costo (Bsf.)
Nacional	7	129,5	9.065.000,00
Importado	7	623	43.610.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, importar 7 kg de quimosina equivale a disponer de 623 \$, en cambio al implementar el proceso de elaboración de cuajo extrayendo la quimosina del abomaso de cabritos lactantes se necesitan 129,5 \$ para producir 7 kg de cuajo.



## **CAPITULO VIII**

### **8. Conclusiones**

Mediante la realización del trabajo cuyo objetivo es diseñar una propuesta para el proceso de elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes en una empresa de insumos para la industria láctea ubicada en el estado Miranda, se logró comprobar que técnicamente es posible implementar el proceso productivo de este tipo de cuajo en la Corporación Tauro I, C.A.

Por medio de entrevistas y el análisis de fuentes bibliográficas, se logró establecer la metodología adecuada a emplear para el proceso productivo, de manera tal, que se pueda llevar la producción de cuajo a partir del abomaso de cabritos a nivel industrial, y por ende, diversificar la gama de productos coagulantes que ofrece la empresa.

Se estableció la distribución de la línea productiva de cuajo adecuándose a la infraestructura disponible y utilizando materia prima nacional, proponiendo que el proceso productivo se lleve a cabo por ciclos, donde la capacidad es de siete (7) litros por ciclo, lo que requiere de 63 abomasos para su realización, lo que significa que bajo este modelo, anualmente se pueden producir 1.764 litros de cuajo líquido.

Se asignaron áreas de trabajo con base a las diversas operaciones que componen el proceso, implementando el uso de equipos especiales que satisfacen los requerimientos del producto y cumpliendo con los altos estándares de calidad de la empresa.

El costo de inversión aproximado para la implementación del proceso productivo es de \$55.184,59 equivalentes a Bs. 3.862.921.160 a tasa DICOM. A pesar de ser una cantidad monetaria significativa, y más en las condiciones económicas actuales, se investigó

el costo de importación del producto, a fines de poder establecer diferencias y que la empresa pueda visualizar si es beneficioso la implementación de esta propuesta, detallado anteriormente en la tabla 15.

En consecuencia, se puede concluir que el proceso de elaboración de cuajo derivado de cabritos lactantes en la Corporación Tauro I, C.A. se puede llevar a cabo por medio del uso de materia prima nacional, dando como resultado un producto de calidad y promotor de la producción nacional en Venezuela.



## 9. Recomendaciones

- Llevar a cabo las pruebas necesarias para verificar los procesos y determinar la fuerza de coagulación o rendimiento del producto final, calculando el poder coagulante mediante la siguiente expresión:

$$F = \frac{2.400 \times L}{T \times C}$$

- Ampliar y profundizar el estudio de posibles proveedores de abomasos provenientes de cabritos en etapa lactante, de manera que se pueda estimar la disponibilidad de compra de materia prima dado que es esta la limitante del proceso.
- Tener una mano de obra capacitada con el fin de lograr mayor eficiencia en el uso de los equipos, para generar la menor cantidad de desperdicios y asegurar la calidad del producto.
- Realizar un estudio de mercado a nivel nacional e internacional, con el fin de estudiar la factibilidad de exportación del cuajo líquido derivado de cabritos.

## BIBLIOGRAFIA

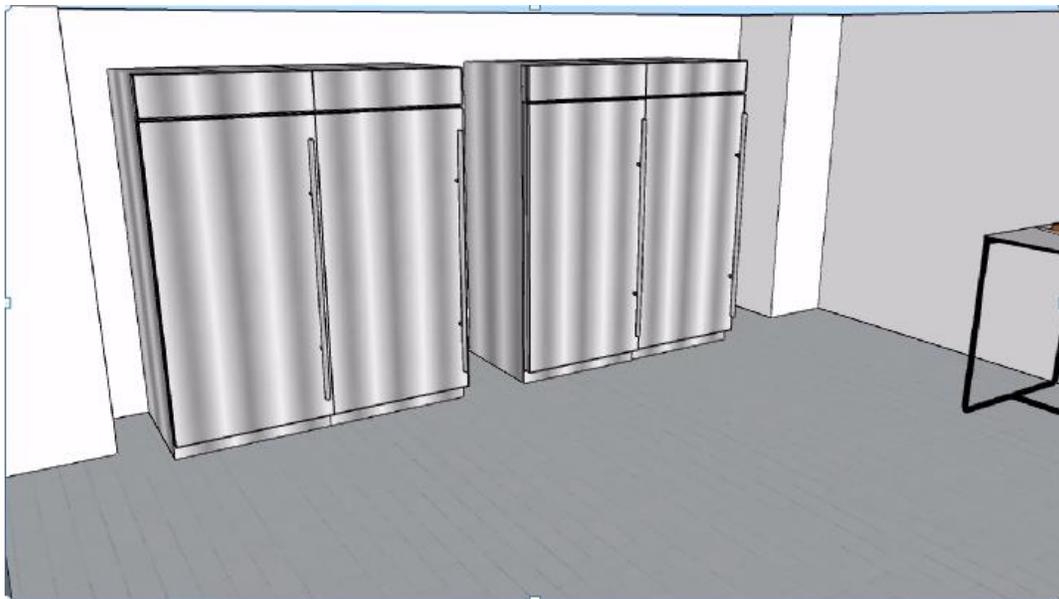
- Arias Fideas G. El Proyecto de Investigación. Editorial Episteme. Caracas, Julio de 2012, 6ta Edición
- Bonafe Mauro (Mayo, 2017). Coagulantes en la industria láctea artesanal: análisis del cuajo de cabrito en la tecnología quesera del noroeste Argentino. Recuperado de: [https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/tesis/Bonafede\\_mauro.pdf](https://www.inti.gob.ar/lacteos/pdf/tesis/Bonafede_mauro.pdf)
- Caal Gabriela (Octubre, 2015). Extracción de la quimosina producida de forma natural a través del cuarto estómago de ternero a partir de diferentes tiempos de extracción y edades del bovino a escala laboratorio. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3359/1/Gabriela%20Marlene%20Caal%20Mart%C3%ADnez.pdf>
- Cano Vivian (2005). Extracción y caracterización fisicoquímica de quimosina bovina para producción de cuajo, sometida a variación térmica y de ph, a escala laboratorio. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3132/1/Vivian%20Maria%20Cano%20Salazar.pdf>
- Calvo Miguel (S.f). Bioquímica de los alimentos. Recuperado de: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/enzimascoagul.html>
- Córdova Javier (2009). Determinación de parámetros para obtención y conservación de cuajo de bovino adulto. Recuperado de: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2638/C%3%B3rdova%20Ramos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Horton, Moran, Scrimgeour, Perry y Rawn. Principios de Bioquímica. Editorial: Pearson. México, 2008, 4ta Edición
- Lehinger. Principios de Bioquímica. Editorial: Ediciones Omega. Barcelona, 2009, 5ta Edición.
- Marichu Fresno y Sergio Álvarez, Utilización de pastas de cuajo de cabrito en la elaboración del queso. Recuperado de: <https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Cuajos.pdf>
- Méndez Álvarez, Carlos Eduardo. Metodología. Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación con énfasis en Ciencias Empresariales. Editorial Limusa. México, 2011, 4ta Edición
- Meyers y P. Stephens, 2006, p.181. Recuperado de: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=uq3CmCKEv6AC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Meyers+y+P.+Stephens,+2006&ots=65s7WS8gw-&sig=iozevxuEYtK\\_r39nWXmGFrr9smc#v=onepage&q=Meyers%20y%20P.%20Stephens%2C%202006&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=uq3CmCKEv6AC&oi=fnd&pg=PA9&dq=Meyers+y+P.+Stephens,+2006&ots=65s7WS8gw-&sig=iozevxuEYtK_r39nWXmGFrr9smc#v=onepage&q=Meyers%20y%20P.%20Stephens%2C%202006&f=false)
- Morillo, García, Ruizdael, Torres y Castañeda (2015). Evaluación de la producción experimental de enzimas coagulantes de leche utilizando cepas de *Rhizomucor* spp. Rev. Colomb. *Biotecnol.* Vol. XVII No. 54-60
- Pallela y Martins, Metodología de la investigación Cuantitativa. Editorial Fedupel. Caracas 2012. 3ra edición.
- Ramírez Carlos A. El cuajo. Recuperado de: <http://www.bdigital.unal.edu.co/33940/1/33914-128322-1-PB.pdf>
- Rojas de Escalona, B. ( 2010) . *Investigación Cualitativa*.Caracas: FEDEUPEL

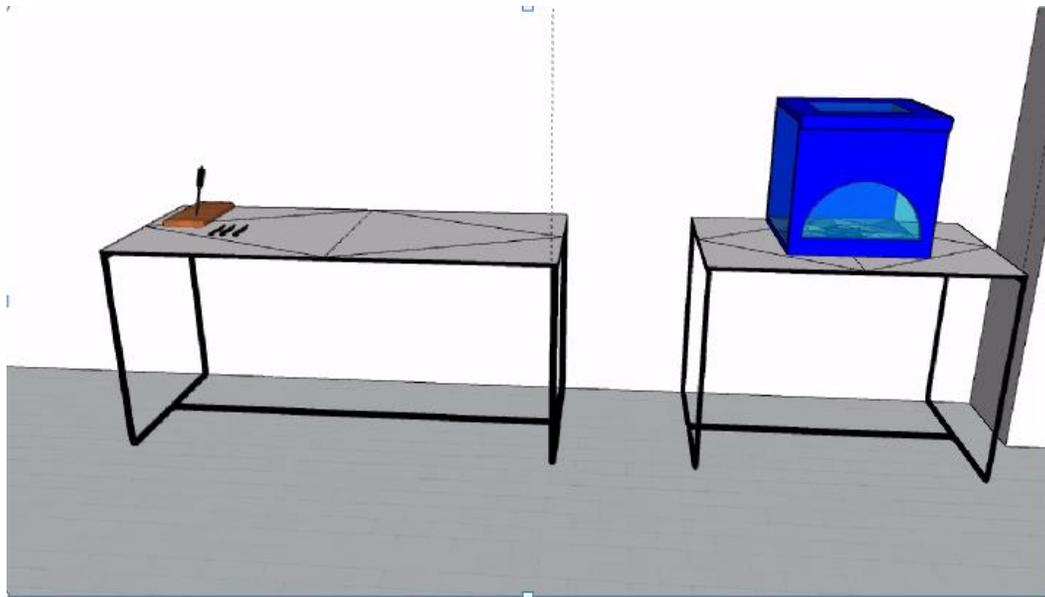
- Santi García.Vallvé. The Industrial Enzymologist Recuperado de:  
<http://theindustrialenzymologist.blogspot.com/2008/11/enzimas-del-cuajo-para-la-produccion-de.html>
- Todo Calidad (2018). El queso y su elaboración. Recuperado de:  
<http://www.todocalidad.es/queso-elaboracion-cujado/>
- Vélez, Ruiz y Ramírez. Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. (2016). Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla. México.
- Gasteiz Victoria(Octubre, 2007). Preparación, conservación y uso de cuajos artesanales. Recuperado de:  
<http://www.gobiernodecanarias.org/agricultura/docs/icca/cursos/preparacionyconservaciondecujosartesanales.pdf>



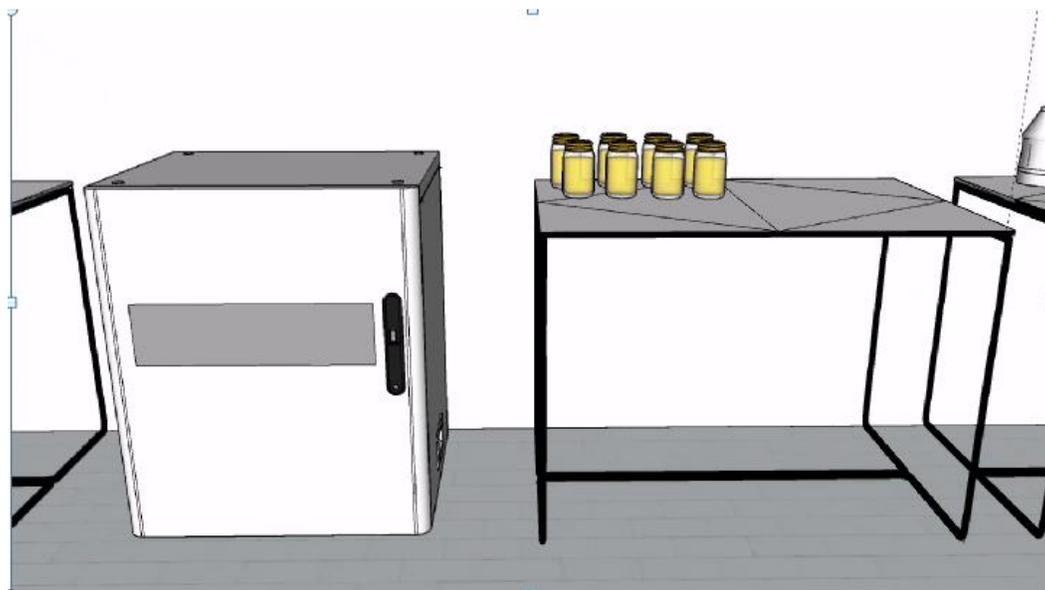
## 10. ANEXOS



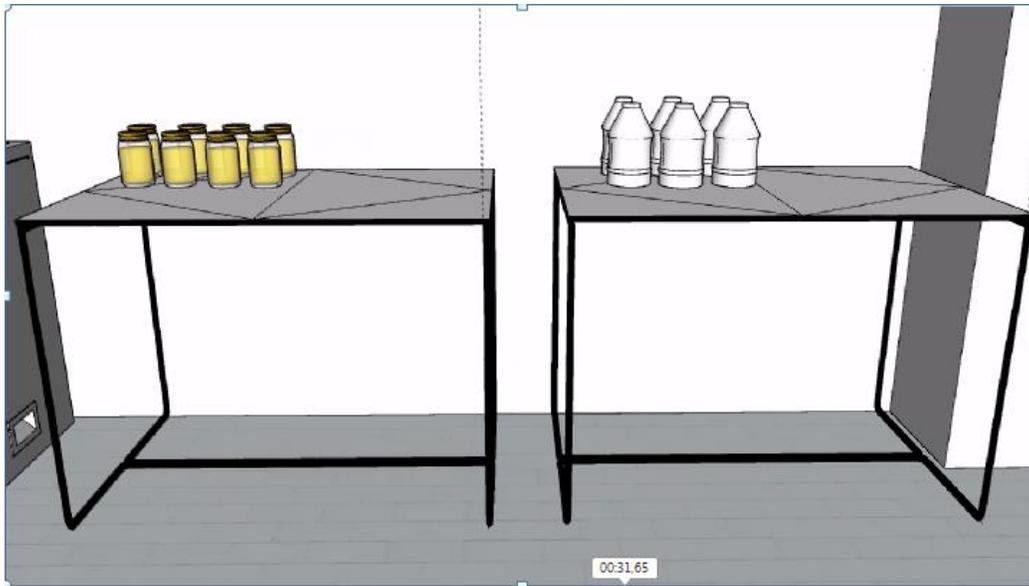
Anexo A: Área de refrigeración.



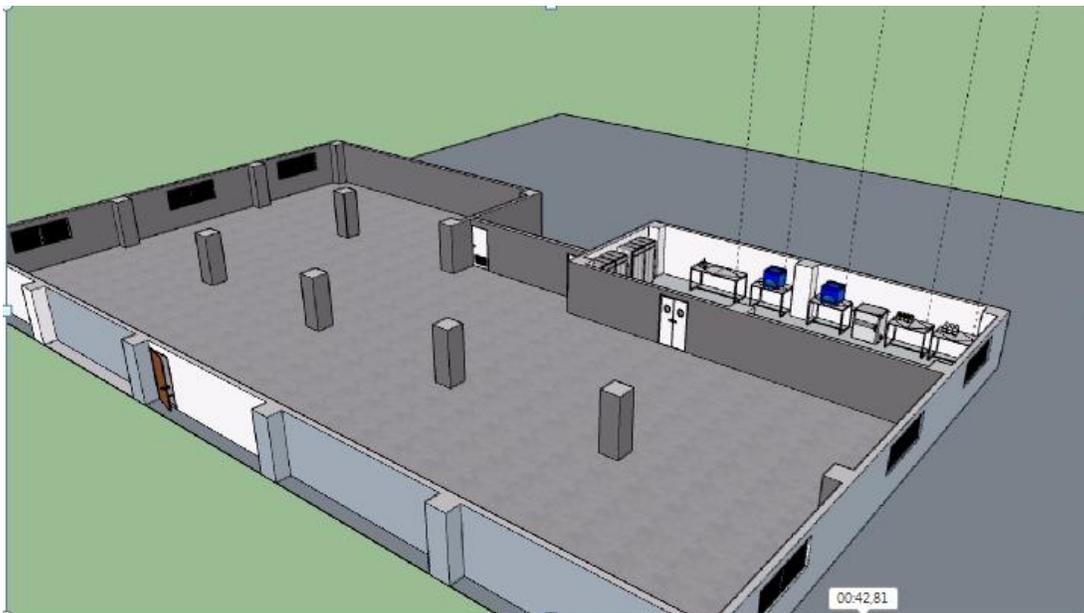
Anexo B: Área de acondicionamiento y extracción.



Anexo C: Área de purificación.



Anexo D: Área de envasado.



Anexo E: Distribución de la planta.