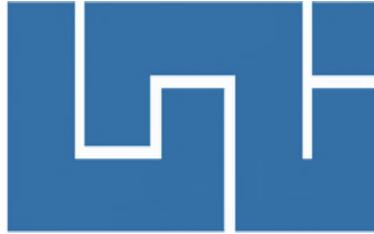


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**



**DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE  
QUERATINA PROVENIENTE DE DESECHOS DEL RASTRO MUNICIPAL DE  
LEÓN**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

**Br. Valeria Gabriela Mayorga Reyes.  
Br. Jireth Katheryn Mojica López.**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO QUÍMICO**

TUTOR

**Ing. Francisco Darío Canelo García**

**Managua, Nicaragua 2023**

## Índice de Contenido

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>1</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>4</b>
<b>I.INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>II OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
2.1 Objetivo General .....	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
<b>III.MARCO TEORICO</b> .....	<b>7</b>
3.1 Estructura de las Proteínas.....	7
3.2 Generalidades de la Queratina .....	9
3.2.1 Características.....	<b>10</b>
3.2.2 Tipos de Queratina .....	<b>11</b>
3.2.3 Aplicaciones de la queratina y sus funciones.....	<b>12</b>
3.3 Disposiciones técnicas y administrativas .....	13
3.4 Cuernos y Pezuñas .....	13
3.4.1 Estructuras.....	13
3.4.2 Beneficios de las pezuñas y cuernos de bovinos.....	16
3.5 Rastro .....	16
3.6 Línea de producción.....	17
3.7 Sulfuro de Sodio.....	18
3.8 Método para extraer la queratina con sulfuro de sodio.....	18
3.9 Costo de Inversión .....	21
3.10 Impacto Ambiental.....	21
3.11 Aguas residuales.....	23
<b>IV. METODOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
4.1 Estado y disponibilidad de la materia prima. ....	24
4.2 Metodología para el diseño de obtención de Queratina.....	24
<b>4.2.1 Capacidad de producción. ....</b>	<b>24</b>
4.3 Metodología de cálculo de los costos para la instalación de la línea de producción. ....	24
4.4 Metodología para la evaluación ambiental del proceso .....	25
<b>V.RESULTADOS</b> .....	<b>27</b>
5.1 Sitio de Proyecto.....	27
5.2 Evaluación de las condiciones de la Materia Prima .....	28

5.3 Descripción del proceso de producción.....	29
5.4 Balance de Materia.....	32
5.4.1 Etapa de lavado .....	32
5.4.2 Etapa de Secado .....	32
5.4.3 Etapa de trituración.....	33
5.4.4 Etapa final para la extracción de queratina .....	33
5.5 Inversión para la instalación de la línea de producción.....	34
5.5.1 Costos de Equipos Mayores y Menores .....	34
5.5.2 Costos de Reactivos .....	34
5.5.3 Costos de Materiales y Accesorios .....	35
5.5.4 Costos de Cristalería .....	36
5.5.5 Costos de Mano de Obra.....	36
5.5.6 Costo total de la línea de producción.....	37
5.6 Análisis del Impacto Ambiental .....	37
5.6.1 Actividades que pueden generar impactos ambientales negativos.....	38
5.6.2 Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.....	38
5.6.3 Caracterización de las aguas residuales .....	39
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>43</b>
<b>IX ANEXOS .....</b>	<b>45</b>
9.1 Preparación de Disoluciones. ....	45
9.2 Calculo de Densidad de los subproductos .....	46
9.3 Balance de materia.....	47
9.4 Fichas Técnicas de Equipos .....	51
9.5 Plano de Conjunto sin Proyecto.....	57
9.6 Plano área de intervención de proyecto.....	58
9.7 Plano de equipos de la Línea de Producción .....	59
9.8 Cotizaciones de reactivos y equipos .....	60
9.9 Área disponible para instalación de la planta .....	62
9.10 Pruebas de Laboratorio para determinación de propiedades físicas.....	64

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 (a) Estructura secundaria hélice alfa y (b) estructura mioglobina (mcmurry,2012)</i> .....	8
<i>Figura 2 (c) Estructura secundaria Lamina <math>\beta</math>-plegada y (d) Estructura Concanavalina A (John, McMurry)</i> .....	9
<i>Figura 3 Estructura de la fibra de queratina (Dvorkin, 2010)</i> .....	10
<i>Figura 4 Estructura de la cisteína</i> .....	11
<i>Figura 5 Estructura De Cuerno De Bovino</i> .....	14
<i>Figura 6 Estructura de pezuñas de bovino (ceva, pro, 2022)</i> .....	15
<i>Figura 8 Ubicación del rastro municipal en la ciudad de León</i> .....	27
<i>Figura 7 Diagrama de proceso para la elaboración de queratina a partir de cuernos y pezuñas de bovinos</i> .....	31

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Propiedades físicas y químicas del Sulfuro de Sodio</i> .....	18
<i>Tabla 2 Resultados balance de materia etapa de lavado</i> .....	32
<i>Tabla 3 Resultados balances de etapa de secado</i> .....	32
<i>Tabla 4 Análisis de la humedad de pezuñas de bovino</i> .....	33
<i>Tabla 5 Resultados balances de etapa de trituración</i> .....	33
<i>Tabla 6 Parámetros básicos de los reactores</i> .....	33
<i>Tabla 7 Cotización de equipos mayores</i> .....	34
<i>Tabla 8 Cotización Equipos Menores</i> .....	34
<i>Tabla 9 Costos de Reactivos para la línea de producción</i> .....	35
<i>Tabla 10 Materiales y Accesorios</i> .....	35
<i>Tabla 11 Cristalería para reactivos</i> .....	36
<i>Tabla 12 Costos de mano de obra</i> .....	36
<i>Tabla 13 Costo total del montaje de la línea de producción</i> .....	37
<i>Tabla 14 Identificación de posibles impactos ambientales negativos</i> .....	38
<i>Tabla 15 Caracterización Físicoquímica de las aguas residuales de la industria de la cosmetología</i> .....	39
<i>Tabla 16 Rangos y Valores máximos permisibles para los Vertidos de Aguas Residuales provenientes de la Industria Farmacéutica</i> .....	40
<i>Tabla 17 Datos de Laboratorio</i> .....	46

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la dicha de la salud, bienestar físico, y por haberme brindando la sabiduría necesaria durante el camino de mi carrera, ayudándome a culminar este trabajo monográfico. A mi madre, como agradecimiento a su esfuerzo, amor y apoyo incondicional durante mi formación personal como profesional, quien ha sido el pilar fundamental de motivación para la finalización de este trabajo.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, la Facultad de Ingeniería Química y a todos los docentes que intervinieron en mi formación académica, brindándome la oportunidad de formarme como profesional.

A nuestro tutor, **Ing. Francisco Canelo**, por su ardua labor como guía a lo largo de este trabajo monográfico. A **Borda Nicaragua** y **PIENSA** por su incondicional ayuda en la recopilación de información, y sobre todo a su colaboración a que dicha tesis se realizara en el Rastro Municipal de la Ciudad de León.

E igualmente, a todas aquellas amistades que de una u otra manera aportaron en esta tesis y me ayudaron a salir adelante, mi más grande muestra de agradecimiento dedicando este gran logro en mi vida junto a ellos.

**Valeria Gabriela Mayorga Reyes**

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le agradezco a Dios primeramente por ser quien me ha guiado en mi camino todos estos años de sacrificio durante mis estudios, quien ha hecho posible que todas mis metas se puedan cumplir.

A MIS PADRES: A mi madre Teresa López, por ser un apoyo incondicional para ser posible mi meta de ser una profesional y a la vez una mujer de inspiración para seguir siempre adelante; a quien le debo todo el éxito que hoy en día tengo, por haber cumplido una etapa más de la Ingeniería química. A mi padre Mauro Mojica, de quien estaré eternamente agradecido por el legado que me dejó, al inculcar en mi buenos hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino y de quien recibí siempre sus consejos y su apoyo Incondicional.

Estoy muy agradecida al tutor Ing. Francisco Canelo, por el apoyo incondicional que nos ha brindado para lograr culminar esta tesis. De igual manera agradezco a Borda Nicaragua y Piensa que nos apoyaron en información y servicio para recopilar información del Rastro de Municipio de León.

Gracias a aquellos amigos que nos dieron ánimos para comenzar y culminar este trabajo monográfico.

***Jireth Katheryn Mojica López***

## **DEDICATORIA**

La culminación de esta tesis de grado se la dedico a Dios, mis padres, y hermanos por el deseo de superación y amor que me brindan cada día en que han sabido guiarme, con el fin de vencer los obstáculos y a todas aquellas amistades, quienes también hicieron posible la culminación de la presente tesis monográfica.

***Valeria Gabriela Mayorga Reyes***

## **DEDICATORIA**

Este trabajo monográfico se lo dedico a Dios, a mis padres Teresa López y Mauro Mojica, a mi hija Saret Aguilar Mojica, a mis cinco hermanos. (Osmani, Scarleth, Alexander, Joel y Edwin) gracias por estar conmigo en cada momento de mi vida. A mis amistades que son muchas personas que me han ayudado y motivado para estar donde estoy.

***Jireth Katheryn Mojica López.***

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de diseñar una línea de producción de queratina a partir de los cuernos y pezuñas provenientes de reses del rastro municipal de León. A su vez, se considera la agregación de valor a los cascos y pezuñas de los bovinos, que son residuos generados en grandes cantidades por empresas de la industria cárnica dentro del país. Por ello, se ha tomado como punto de referencia el rastro municipal de León, aprovechando los residuos ricos en queratina.

El proceso de la línea de producción de queratina a nivel de planta piloto se realizará a partir de una masa inicial de 147kg de cuernos y pezuña por lote, estos se estarán recolectando semanalmente ya que, el tiempo total de operación para la obtención de queratina será de 5 días, con jornadas laborales de 8 horas de lunes a viernes. Se realizó el estudio tomando en cuenta un tanque de lavado con el objetivo de eliminar todas las impurezas, horno para eliminar la mayor cantidad de humedad, una máquina de trituración para reducir el tamaño del producto y finalmente, el corazón del proceso, dos tanques reactores donde se llevó a cabo los procesos de **Reducción, Oxidación y Neutralización** para finalizar con la extracción de queratina. En los cuales el primer tanque se generó una etapa de reducción y oxidación y en el otro tanque se realizó la etapa de acidificación y neutralización dando un porcentaje de producto final del 80% de solución de queratina, dando como resultado **360L** de queratina pura, la cual puede ser aplicada como formulación en queratina cosmética.

Para determinar el costo de inversión de la línea se realizó en base a los costos de reactivos, costos de equipos mayores y menores, costos de materiales y accesorios, costos de cristalería y costo de mano de obra, obteniendo como resultado un costo de **USD 20,655.54** para la inversión del montaje de la planta.

A pesar de desconocer los impactos ambientales que generan este tipo de industrias, durante el proceso productivo, se lograron identificar ciertos químicos que podrían generar impactos negativos al medio ambiente como para el personal que llegue a laborar dentro de esta línea de producción, se propuso tratar estos efluentes mediante tratamientos físico-químicos y biológicos, igualmente se consideró que pueden ser tratados dentro de los reactores biológicos que forman parte del tratamiento actual de las aguas procedente de las salas de sacrificios del rastro, que posteriormente son utilizadas como Biogás.

## I. INTRODUCCIÓN

La queratina es una sustancia proteica, muy rica en azufre, que constituye el componente principal de las capas más externas de la epidermis de los vertebrados y de otros órganos derivados del ectodermo, como pelos, uñas, plumas, cuernos o pezuñas. La queratina es la responsable de la dureza y resistencia de los materiales que la contienen. (QUIMICA.ES, s.f.)

Esta proteína, conocida desde el siglo XIX, se utiliza para definir el material constituyente de los tejidos duros como cuernos y pezuñas. No fue hasta el siglo XX que el estadounidense J. Hoffmeir logro extraer la queratina de cuernos de animales usando cal. Posteriormente, se desarrollaron diversos procesos y la queratina se pudo extraer de cuernos, pezuñas, lana, pelo, plumas y otros materiales similares. Actualmente se puede obtener queratina para diferentes usos (cosmético, biomédico, textil, etc.). (Dieti Natura, 2012)

El pelaje, que es otro subproducto resultante en los sacrificios de los bovinos, también posee un alto contenido en queratina de alrededor del 90 %, sin embargo, este subproducto es en general remitido a las tenerías para su transformación en cuero. Es por ello que, al poseer un alto contenido de queratina y el aporte a la reducción de los desechos sólidos generados en los destaces del rastro, se consideran los cuernos y pezuñas como materia prima para la extracción de queratina cosmética. A la vez, se estaría considerando innovar en las industrias dirigidas a la cosmetología dentro del país, ya que aún no se cuentan con ellas.

El presente trabajo tiene como meta diseñar una línea de producción de queratina aprovechando los desechos de pezuñas y cuernos provenientes del sacrificio de reses dentro del rastro municipal de León. En esta empresa se hace uso únicamente de los cuernos, estos son incinerados para luego ser utilizado como compost en el vivero que administra el mismo rastro, descartando así, el resto de desechos como las pezuñas.

Para el análisis de inversión de la línea de producción se procedió a realizar una base de cálculos considerando los costos necesarios para el montaje dentro del rastro, tales costos deben generar una relación entre el producto, equipos y reactivos a utilizar. Otro aspecto de vital importancia a abordar en este trabajo, es el impacto ambiental que se generaría por la operación de la unidad de producción de queratina.

## **II OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Diseñar una línea de producción de queratina a partir de los cuernos y pezuñas provenientes de reses del rastro municipal de León.

### **2.2 Objetivos específicos**

Evaluar el estado actual de las materias primas procedentes del rastro municipal de León y su potencial de transformación en queratina.

Proyectar un diseño de planta para la línea de producción de queratina en el rastro municipal de León.

Determinar el costo para la instalación de la línea de producción de queratina en el del rastro municipal de León.

Examinar el posible impacto ambiental de los desechos generados en el proceso de producción.

### III.MARCO TEORICO

#### 3.1 Estructura de las Proteínas

Las proteínas se clasifican usualmente como fibrosas o globulares, de acuerdo con su forma tridimensional. Las proteínas fibrosas, como el colágeno en los tendones y el tejido conectivo y la miosina en el tejido muscular, consisten en cadenas de polipéptidos arregladas lado a lado en filamentos largos. Debido a que estas proteínas son resistentes e insolubles en agua, se utilizan en la naturaleza para formas materiales estructurales. En cambio, las proteínas globulares usualmente se enrollan en formas compactas casi esféricas; por lo general, estas proteínas son solubles en agua y se mueven dentro de las células. La mayor parte de las aproximadamente 3000 enzimas que se han caracterizado hasta la fecha son proteínas globulares. (McMurry, 2012)

Las proteínas son tan grandes que la palabra estructura toma un significado más amplio que el que tiene cuando se refiere a los compuestos orgánicos más simples. De hecho, los químicos hablan de cuatro niveles diferentes de estructuras cuando describen las proteínas.

- La **estructura primaria** de una proteína simplemente es la secuencia de aminoácidos.
- La **estructura secundaria** de una proteína describe como los segmentos del esqueleto del péptido se orientan en un patrón regular.
- La **estructura terciaria** describe como toda la molécula de proteína se enrolla en una forma tridimensional global.
- La **estructura cuaternaria** describe como las moléculas de proteínas diferentes se integran para producir estructuras agregadas grandes.

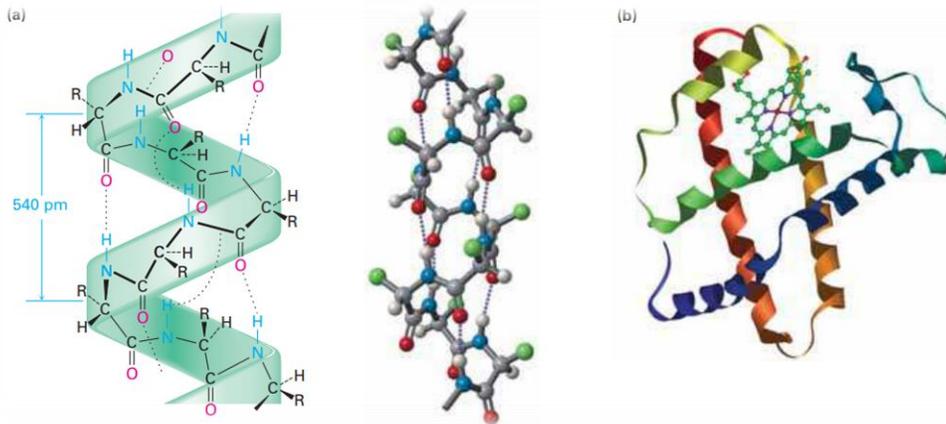
La estructura primaria se determina, como hemos visto, secuenciando la proteína. Las estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria se determinan por NMR (Espectroscopia de resonancia magnética nuclear de proteínas) o por cristalografía de rayos X.

Las estructuras secundarias más comunes son la hélice  $\alpha$  y la lámina  $\beta$ -plegada. Una hélice  $\alpha$  es un enrollamiento a la derecha del esqueleto de la proteína, muy parecido al enrollamiento de un cordón telefónico (ver figura 4.1a). Cada vuelta de

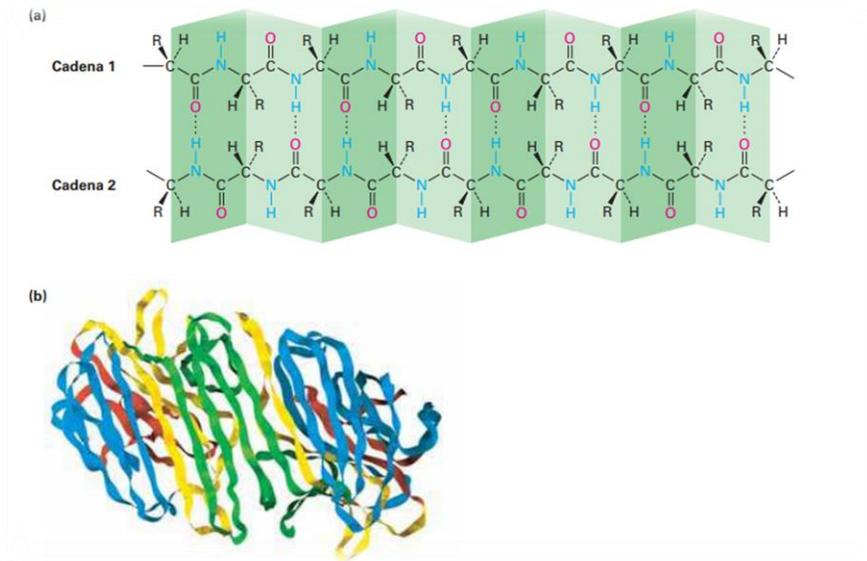
la hélice contiene 3.6 residuos de aminoácido. La estructura secundaria helicoidal  $\alpha$  de las proteínas es estabilizada por puentes de hidrogeno entre el grupo N-H de un residuo y el grupo C=O a cuatro residuos más allá. La mioglobina, una proteína globular pequeña que contiene 153 residuos de aminoácido en una sola cadena. La Estructura de la mioglobina, una proteína globular con regiones helicoidales extensas que se muestran en esta representación como listones enrollados (ver figura 4.1b). (McMurry, 2012)

Una lámina  $\beta$ -plegada difiere de una hélice  $\alpha$  en que la cadena de péptido se extiende en vez de enrollarse y los puentes de hidrogeno ocurren entre los residuos de las cadenas adyacentes (figura 4.1c). Las cadenas vecinas pueden correr en la misma dirección (paralela) o en direcciones opuestas (antiparalela), aunque el arreglo antiparalelo es más común y un poco más favorecido desde el punto de vista energético. Por ejemplo, la concanavalina A consiste en dos cadenas idénticas de 237 residuos, cada una con regiones extensas de láminas  $\beta$  antiparalelas (figura 4.1d). La estructura secundaria de lámina  $\beta$ -plegada de las proteínas es estabilizada por los puentes de hidrogeno entre las cadenas paralelas y antiparalelas (d) Estructura de la concanavalina A, una proteína con regiones extensas de láminas  $\beta$ , mostradas como listones aplanados. (McMurry, 2012)

**Figura 1 (a) Estructura secundaria hélice alfa y (b) estructura mioglobina (mcmurry,2012)**



**Figura 2 (c) Estructura secundaria Lamina  $\beta$ -plegada y (d) Estructura Concanavalina A (John, McMurry)**



Es también una proteína que presenta una estructura secundaria, o sea, la serie macromolecular con cierta secuencia primaria, se dobla sobre su misma, logrando tres dimensiones. Dicha disposición puede ser de clase helicoidal, catalogándose de esta manera proteína  $\alpha$ -hélice o de forma de lámina o lamina  $-\beta$ .

### 3.2 Generalidades de la Queratina

El termino queratina procede del vocablo griego kero, que quiere decir cuerno. Tiene su raíz en el olor a cuerno quemado que emana cuando se incinera. Es una proteína que se revela en la figura de microfibrillas, como si fuera una sogá. El desempeño de transferencia de carga mediante enlaces intermoleculares convierte a las queratinas en excelentes biomateriales estructurales, con grandes propiedades mecánicas.

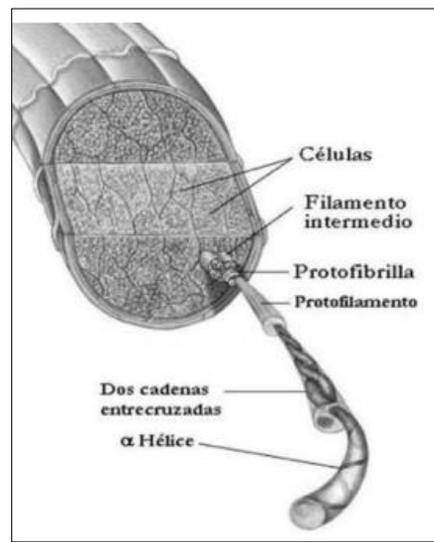
Las interrelaciones entre moléculas de clase fuerzas hidrofóbicas, puentes de hidrogeno o enlaces salinos, como los desarrollados entre el ácido glutámico, los aminoácidos y lisina, conservan enlazados los aminoácidos de diferentes hebras o fragmentos macromoleculares de la proteína.

Las proteínas se encuentran conformadas por cadenas de aminoácidos que se acoplan entre si creando fibrillas (estructuras filamentosas, proteicas). Esta muy

propagada en la naturaleza, aparte de hallarse en la piel, en el cabello y las uñas, se halla también en plumas, lana, cuernos, pezuñas, los cuales colabora en el fortalecimiento de su capa exterior.

La queratina se encuentra constituida fundamentalmente por un aminoácido de elevado nivel de azufre. Dependiendo del contenido de azufre que tengan, las  $\alpha$ -queratinas pueden clasificarse como queratinas blandas o queratinas duras. Las queratinas duras poseen entre 15 y 18% de azufre, en tanto que las blandas únicamente presentan entre 2 y 4%. Esta clase de proteína que se halla en las células epiteliales que recubre las superficies interiores y exteriores del cuerpo. (tucuerpohumano, 2019)

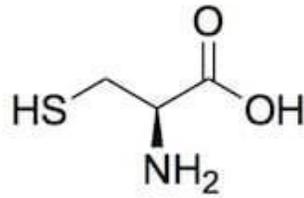
**Figura 3** Estructura de la fibra de queratina (Dvorkin, 2010)



### 3.2.1 Características

La queratina está compuesta por aminoácidos, tal como cualquier proteína. Posee un elevado número de restos de cistina, que es responsable del 7 al 20% del total de aminoácidos existentes en la queratina. Cabe destacar que la cisteína se halla especialmente en la zona terminal de las cadenas de la queratina.

**Figura 4** Estructura de la cisteína



La queratina muestra una figura tridimensional de hélice  $\alpha$  o de hoja plegada  $\beta$ . La figura de hélice  $\alpha$  se halla en la  $\alpha$  queratina, al cual se encuentra en mamíferos. Las hojas plegadas  $\beta$  se hallan en la  $\beta$ - queratina, existente en reptiles y aves.

La queratina generada por los queratinocitos puede catalogarse en flexible o resistente. En la capa más exterior de la epidermis, hallamos queratinas flexibles; en las uñas, cabellos y las plumas hallamos queratinas resistentes. Las queratinas flexibles son las que presentan baja cantidad de puentes disulfuro, y las resistentes presentan mayor número de esos enlaces. (tucuerpohumano, 2019)

### 3.2.2 Tipos de Queratina

Las queratinas habitualmente se clasifican en dos grupos, de acuerdo a la abundancia de su proporción en organizaciones de tipo hélice- $\alpha$  o laminas- $\beta$ .

#### ➤ Queratina Alfa (Queratina - $\alpha$ )

La alfa queratina revela en sus series de aminoácidos residuos (monómeros) de cisteína, que componen puentes disulfuro, lo que se llama grupo cistina. Los puentes disulfuro suministran la rigidez y tenacidad a la queratina alfa. De esta manera hay más número de enlaces cistina (disulfuro) en zonas estructurales de los cuernos de un animal y en el pelo o las uñas. La queratina alfa se halla en pelos, cuernos, uñas y otras faneras. (tucuerpohumano, 2019)

#### ➤ Queratina Beta (Queratina - $\beta$ )

La beta queratina no contiene cistina, o la presenta en muy baja cantidad, por ello tiene pocos entrecruzamientos intermoleculares mediante puentes disulfuro

(cistina). No obstante, la queratina de tipo beta, muestra mayor cantidad de plegamientos de formar lámina  $\beta$ .

La elevada cohesión lograda por el elevado número de asociaciones por puentes de hidrógeno de las láminas- $\beta$ , produce que la presencia de queratina- $\beta$  surja en sustancia de gran firmeza tales como la seda de araña.

Las queratinas  $\alpha$  pueden mostrar así mismo laminas  $\beta$ , si bien en menor magnitud que las queratinas  $\beta$  sea debatida.

### **3.2.3 Aplicaciones de la queratina y sus funciones**

En cuanto a sus funciones, en la piel actúa como impermeabilizante para evitar que los líquidos ingresen en las capas más profundas de la piel. Gracias a esta proteína, diversas estructuras del cuerpo humano, como lo son el cabello y uñas, adquieren dureza y resistencia.

Las aplicaciones más relevantes de la queratina en la industrial son las siguientes:

#### En cosmetología

La queratina es parte de muchos tratamientos cosméticos capilares, protege el interior del cabello, influye en el color y en el brillo, que le afectan los factores mecánicos, químicos o ambientales. Estos modifican la estructura del cabello convirtiéndolo en frágil quebradizo y poroso, la queratina puede evitar el deterioro del cabello por la continua exposición a estos factores.

#### Industria textil:

La queratina se usa como material de refuerzo en la fabricación de polímeros industriales, tales como: polietilenos y los polipropilenos, en la producción de pasta de papel o cartón y la fabricación de biomateriales o materiales biomédicos, entre otros.

#### Industrial Alimenticia:

La queratina que contiene las plumas, es un recurso alimenticio potencial. Luego de un proceso hidrolítico, de estos residuos, ellos se transformarán en una proteína digestible, que es útil como concentrado proteico para rumiantes, ya que optimiza el índice de crecimiento del ganado de engorde y también suple las necesidades de proteína en ganado lechero. Como se extrae de una fuente natural, no contiene toxinas e inhibidores del crecimiento, pueden ser usada en dietas balanceadas sin limitaciones nutricionales.

### Industria agrícola:

La queratina es un recurso adecuado para la elaboración del Compost (procesos de degradación microbiológico aerobio de materiales orgánicos realizado en condiciones controladas, en el que debido a la actividad microbiana se obtienen un abono orgánico) que en conjunto con una mezcla de materiales fecales, orina, tierra y restos vegetales permiten el proceso de compostaje, permitiendo que la queratina lentamente se degrade y se convierta en unas sustancias de fácil biodegradación, contribuyendo al desarrollo de los microorganismos que enriquecerán el suelo con nitrógeno y fosforo.

### **3.3 Disposiciones técnicas y administrativas**

Toda sustancia o preparado destinado a ser puesto en contacto con las diversas partes superficiales del cuerpo humano (epidermis, sistemas piloso y capilar, uñas, labios, órganos genitales externos) o con los dientes y las mucosas bucales, con el fin exclusivo o principal de limpiarlos, perfumarlos, modificar su aspecto y corregir los olores corporales y/o protegerlos o mantenerlos en buen estado deben estar sujetos a lo establecido en el Reglamento Técnico Centroamericano. Los productos de higiene personal se consideran cosméticos. (Reglamento técnico centroamericano RTCA 71.03.45:07). La vigilancia y verificación de este reglamento técnico corresponde a la Autoridad Reguladora de cada país, en este caso para Nicaragua, el Ministerio de Salud.

El reglamento técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 tiene por objeto establecer las pruebas analíticas de control que deben ser evaluadas para comprobar la calidad de los cosméticos y asegurar a la población que mantienen sus características de acuerdo a sus especificaciones. Las disposiciones de este reglamento son de aplicación para todos los cosméticos importados y fabricados en los países de la región Centroamericana. (MINECO).

### **3.4 Cuernos y Pezuñas**

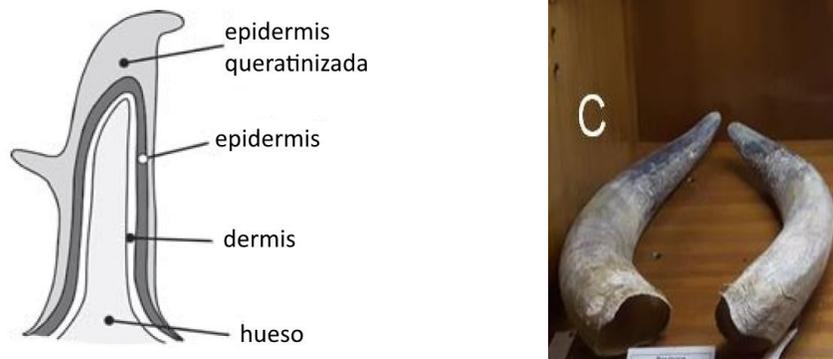
#### **3.4.1 Estructuras**

Los cuernos de los bovinos están hechos de queratina, que es el mismo material del que están hechos el pelo y las pezuñas, en el interior del cuerno contiene huesos, piel, tejido y muchos vasos sanguíneos que las vacas usan para regular su temperatura.

El interior de un cuerno de los bovinos está formado por un núcleo pequeño y rígido hecho de hueso, rodeado de tejido blando y capilares para transportar sangre. Cuando los terneros desarrollan sus cuernos por primera vez, los cuernos flotan libremente y no están adheridos en absoluto al cráneo. Hasta alrededor de los siete meses, el cuerno es sólido, con una densa queratina rodeando un núcleo óseo, sin embargo, después de siete meses esto comienza a cambiar.

La mayoría de los cuernos tiene una estructura similar y están hechos de los mismos materiales, cada raza tiene diferentes formas, tamaños y colores, en el caso de las vacas los colores son (negros, grises o marrón claro, pero algunas razas tienen colores o patrones únicos. Como ejemplos, el ganado de White Park tiene cuernos blancos, con puntas negras. Esto coincide con su bata blanca única con orejas negras. (Fauna, s.f.)

**Figura 5 Estructura De Cuerno De Bovino**



Las pezuñas de vaca son el recubrimiento corneo de los dedos de la vaca, aunque se suele considerar que incluyen todas las estructuras anatómicas que están a ese nivel (últimas falanges, almohadilla digital). Se distinguen externamente: (CEVA.PRO,2022.)

- La pared, que es la parte más visible y más gruesa.
- La suela, que cierra la pezuña por la parte inferior, apenas tiene 1cm de grosor y se une a la pared por la zona alba, una línea de tejido corneo más blando.

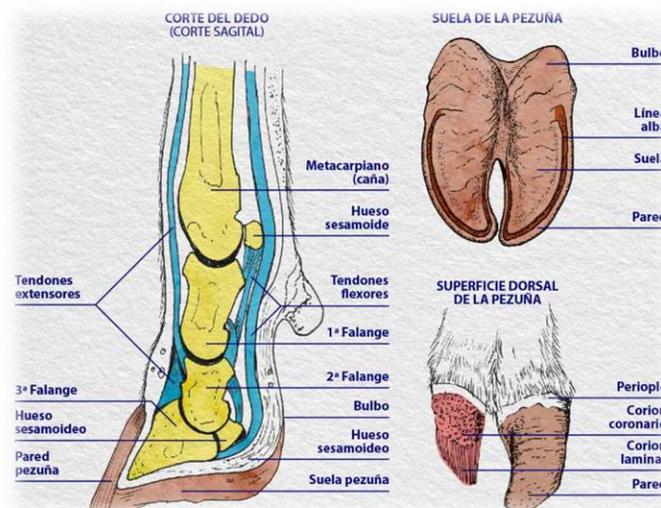
- Los bulbos, de tejido corneo también más blando, en la parte posterior y que contienen la almohadilla digital.

Está formada por tejido cornificado, insensible (como nuestras uñas), como compuestos de queratina, minerales y un 30% de agua, proporción que aumenta en las pezuñas enfermas.

En la unión de la pezuña de la vaca con la piel encontramos el periople (tejido corneo más blando, equivalente a la cutícula de la uña). La parte superior es el borde coronario, que acoge un tejido dérmico muy vascularizado, el corion coronario, responsable del crecimiento de la pared a un ritmo medio de 6cm al año, con lo cual se considera que en un año se reemplaza la totalidad del estuche corneo de la pezuña. Hay que tener en cuenta que la velocidad de crecimiento es mayor en primavera y verano, con lo cual conviene esperar hasta los meses de invierno para recortar las pezuñas.

Entre el recubrimiento corneo y las falanges encontramos otros dos tejidos dérmicos, el corion de la suela en la parte plantar y el corion laminar en el espacio interior de la pared. Este último se llama así porque en este espacio podemos encontrar una serie de laminillas de queratina, hasta 1500 en los toros (de ahí el nombre de laminitis a las inflamaciones que afectan a este tejido). El corion se encarga de la nutrición y crecimiento del tejido y está muy inervado, transmitiendo así las sensaciones del animal en el apoyo y el dolor en casos de lesión o enfermedad.

**Figura 6** Estructura de pezuñas de bovino (ceva, pro, 2022)



### 3.4.2 Beneficios de las pezuñas y cuernos de bovinos

La capa superior de la piel de los animales posee una gran red de filamentos intermedios formados por queratina. Esta capa se denomina epidermis y tiene entre 30 micras y 1 nm de espesor en los humanos.

La epidermis funciona como barrera protectora contra diferentes tipos de estrés mecánico y químico y es sintetizada por un tipo especial de células llamado “queratinocitos”.

Además de la epidermis, existe una capa aún más externa que se muda constantemente y se conoce como estrato corneo, que cumple funciones similares.

Los subproductos animales como son las pezuñas se comportan importantes beneficios. Tiene un alto valor nutritivo y, por tanto, pueden utilizarse para fabricar productos tales como los fertilizantes, biocombustibles y cosméticos. (Ganadero, 2019).

En una de las últimas innovaciones, las pezuñas de vaca ya que contienen una proteína llamada queratina, extraída de dicha materia prima es usada para hacer extintores de incendio por equipos de bomberos y rescate en aeropuertos.

El cuerno bovino es una de las partes del animal que se puede obtener algunos subproductos que terminan siendo útiles para el uso humano diario. Por su flexibilidad y suavidad, el cuerno es fácil de tallar, por lo que se convierte un instrumento ideal para la joyería, accesorio de mesa, entre otros objetos que pueden usar las personas. (Ganadero, 2019)

Sin embargo, la extracción se debe focalizar la atención en el cuidado de este, pues puede ser susceptible a cualquier hendidura, daño o rayadura. La forma idónea de cuidarlos es mantenerlos en espacios de temperatura y humedad moderada. (Ganadero, 2019)

Algunos objetos que se pueden extraer de los cuernos son: mangos de cuchillos, se pueden convertir en instrumentos musicales como los de vientos, (cilindros), se pueden obtener harina de cuerno, que es usada para abono, ya que contiene nitrógeno que se emplea como fertilizante importante para la tierra y, por último, pero no menos importante es la artesanía quienes aprovechan estos cuernos para crear elementos representativos de cada cultura. (Ganadero, 2019).

### 3.5 Rastro

Rastro Municipal: Es el servicio que ofrece la municipalidad a la población consistente en el destace o sacrificio de ganado mayor o menor, destinado a la

producción de carne para consumo humano en condiciones higiénicas – sanitarias que permitan obtener un producto de calidad inocuo para las personas y el medio ambiente. Para cumplir con su cometido cuenta con personal, equipos y herramientas necesarias para la operación, permitiendo realizar en un lugar apropiado toda la matanza de animales en el municipio; generalmente, comprende las áreas destinadas a los corrales de desembarque y de depósito, así como a la matanza. (Juridico, 1987).

En cambio, un matadero, es un establecimiento con papel único en la cadena de producción de la carne. Su materia prima son animales procedentes de explotaciones de ganaderas y el producto final que obtiene son carne y otros derivados. De igual forma, la carne que se obtiene de ellos, también pasa por un nuevo control sanitario antes de ser distribuida a las industrias intermedias y comercios minoristas. (Madrid, s.f.).

### **3.6 Línea de producción**

Una línea de producción es el conjunto de operaciones secuenciales en las que se organiza un proceso para la fabricación de un producto. Esto implica la organización del proceso en fases y operaciones que se asignan individualmente o por grupos de trabajo. La asignación se hace a trabajadores y/o a maquinarias y /o herramientas en cada fase u operación. Por lo que la operación en línea requiere de operarios especializados en las diferentes fases u operaciones. También las operaciones se hacen por separados hasta llegar al montaje final de todas ellas para terminar la fabricación del producto. (Seampedia, 2018).

La línea de producción para la obtención de Queratina cosmética consta de las siguientes etapas o equipos:

Balanza: Pertenecen al grupo de equipos indispensables en ciertas industrial, una de ellas es la alimentaria donde se pesan diariamente productos que se han de expedir e ingredientes para cocinar a granel, de esta manera no solo se evita la perdida innecesaria de material, sino que se planifican mejor los presupuesto. (BDcom, 2019).

Tanques industriales: son grandes contenedores utilizados en distintas ramas de la producción para almacenar sustancias liquidas o en estado gaseoso tales como: agua, gases, petróleos y productos petroquímicos, sustancias alcohólicas, vapores, entre otros en la industrial. (Plaremesa.net, 2022)

Trituradora industrial: Es un tipo de maquina encargada de procesar materiales de diferente origen para transformarlos en residuos de menor tamaño. La trituradora

aplica una gran fuerza para romper los materiales, reduciendo así el volumen de los residuos (ambiente, 2021)

Mezcladora: Las mezcladoras industriales de alimentos y cosméticas han sido diseñadas para proporcionar un grado de cizallamiento superior con una emulsión resultante perfecta y de alta calidad. (PROCESS, 2023)

Ultrafiltraciones: Un proceso de separación por membranas, dentro de la tecnología de membranas para el tratamiento de agua, que permite la separación mecánica de sólidos suspendidos o disueltos. (Zarza, s.f.)

Lavado: su objetivo es eliminar cualquier tipo de residuos contaminante en su proceso.

Secadora: En este proceso será por atomización que convierte los líquidos en polvo de una forma eficaz. Se utiliza en campos tan diversos como en la industria láctea, alimenticia y química. (GEA, 2022)

### 3.7 Sulfuro de Sodio

El sulfuro de Sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) es un sólido cristalino de color amarillo a rojo ladrillo. En la naturaleza se encuentra en diferentes grados de hidratación, siendo el más común el sulfuro de sodio nonahidrato. ( $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ).

Son sales solubles en agua que dan soluciones fuertemente alcalinas. Al exponerse al aire húmedo, absorben la humedad del aire, pudiendo calentarse espontáneamente y causar ignición de materiales combustibles cercanos. Igualmente, en contacto con el aire húmedo, emiten sulfuro de hidrogeno.

**Tabla 1** Propiedades físicas y químicas del Sulfuro de Sodio

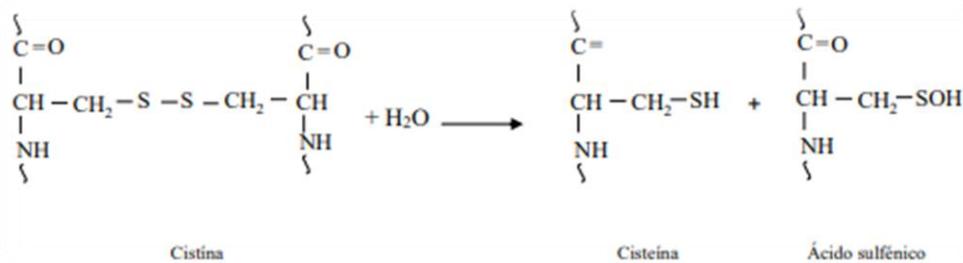
Aspecto	Cristales amarillos a rojo
Peso molecular	79.048g/mol
Temperatura de descomposición	920-950°C
Temperatura de ignición	>480°C

### 3.8 Método para extraer la queratina con sulfuro de sodio.

José Luis Florido Rodríguez describe un procedimiento para la obtención de productos de queratina (soluble y microfibras insolubles) a partir de residuos ganaderos tales como pluma, pelo, piel, pezuñas o cuernos. El procedimiento se realiza en frío y consta de una sucesión de etapas de triturado e hidrólisis del residuo y oxidación comunes para la obtención de ambos productos, seguidas de etapas

específicas para cada uno de ellos. Las etapas posteriores para la obtención de queratina soluble son de ajuste a pH neutro, ultrafiltración, lavado y secado mediante atomización o liofilización. La queratina soluble obtenida por este método tiene las características adecuadas para su aplicación en la industria de la cosmética o de la alimentación humana o animal. (Florido and Luis 2007)

**a) Hidrolisis de la queratina:** La queratina con agua da una hidrólisis de los enlaces disulfuros de la cisteína para producir la cisteína (tiol) y ácido sulfénico. (Cedillo, marzo 2013).

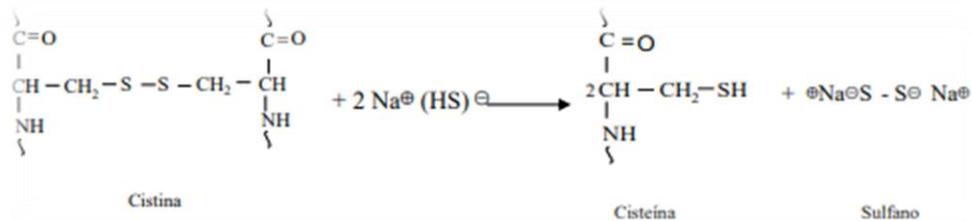


**b) Reducción de la queratina con sulfuro de sodio.** Con el Na<sub>2</sub>S se favorece la degradación de la queratina, mediante las siguientes reacciones consecutivas:

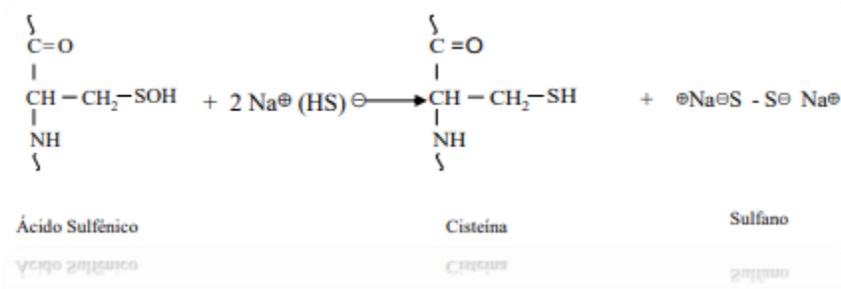
Cuando el Na<sub>2</sub>S se disuelve en agua, se produce el NaHS y el medio es básico.



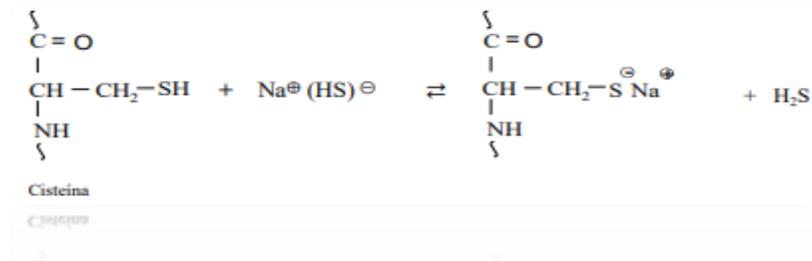
El NaHS reduce la cistina a cisteína.



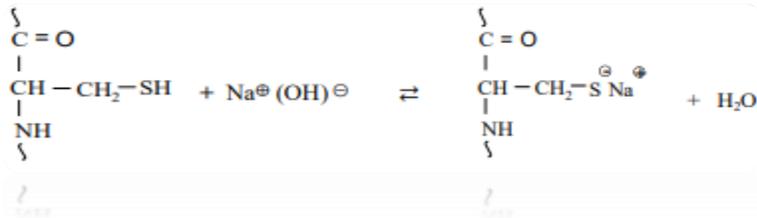
También el NaHS reduce a los ácidos sulfénicos, ayudando a la hidrólisis.



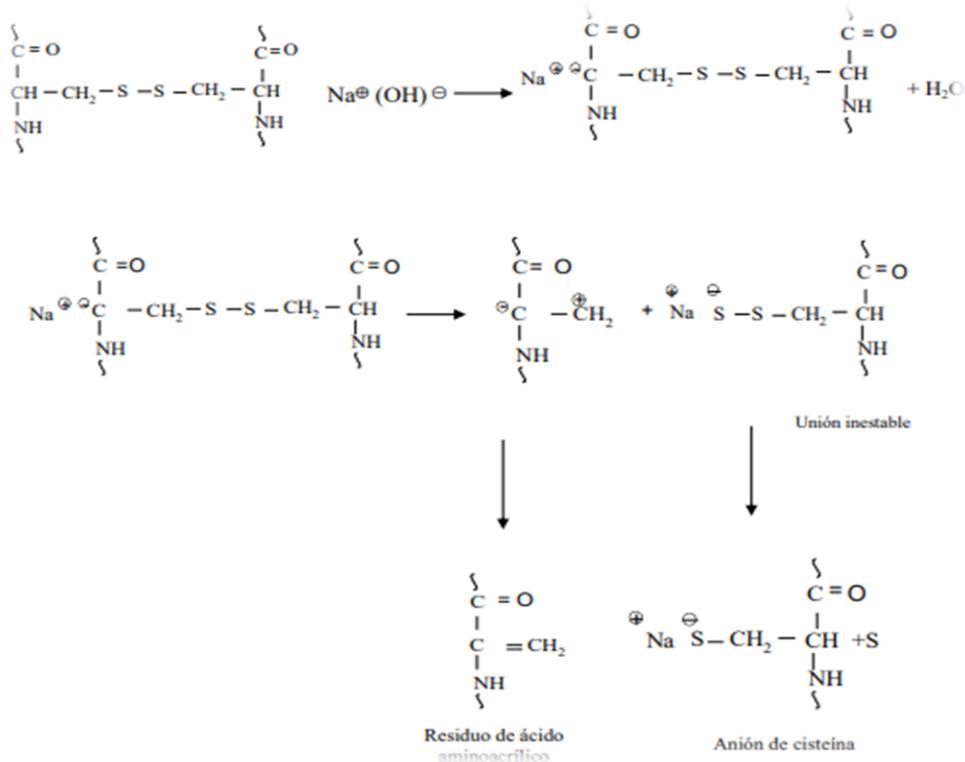
El NaHS propicia al equilibrio siguiente, pero como el H<sub>2</sub>S es gas y sale del sistema, el equilibrio se desplaza hacia la derecha, produciendo un mayor gasto del NaHS.



Además, el medio básico favorece la siguiente neutralización.



Por otro lado, la presencia de la base hidróxido da otras reacciones, que corresponden al mecanismo de Swan, en el rompiendo de los grupos disulfuro de la queratina.



Por lo tanto, como los puentes de disulfuro forman los retículos entre las cadenas polipeptídicas, la estructura reticulada de la queratina es insoluble en agua. Con la

solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$  se generan tres maneras de romper los puentes de disulfuro, ya indicados, estos son: a) Mediante reducción con  $\text{NaHS}$ ; b) Por acción del agua, ósea por hidrolisis; c) reacción ácido base con el  $\text{NaOH}$  generado en la hidrolisis del  $\text{Na}_2\text{S}$ .

En la fase de la oxidación se utiliza principalmente para extraer la queratina con el método de extracción de reducción/oxidación implicando con el peróxido de hidrogeno. Afirmando que la reducción podría llevarse a cabo con ciertos agentes desnaturalizantes como el 2-mercaptoetanol o el metabisulfito de sodio y la urea. Estos reactivos atacan los enlaces disulfuro, los enlaces de hidrogeno y los enlaces salinos de las fibras queratinas.

Los métodos alcalinos requieren altas cantidades de reactivos alcalinos y también altas cantidades de ácidos para neutralizar y precipitar la fracción de queratina solubilizada. El rendimiento y la estabilidad del hidrolizado de queratina depende de las condiciones utilizadas para hidrolisis (temperatura, tiempo de reacción, tipo y concentración de álcali y ácido utilizado).

### **3.9 Costo de Inversión**

La mayoría de las inversiones de un proyecto se concentra en aquellas que se deben realizar antes del inicio de la operación, aunque es importante considerar también las que se deben realizar durante la operación del proyecto, tanto por la necesidad de reemplazar activos como para enfrentar la ampliación proyectada del nivel de actividad.(Chain 2007)

Los costos de inversión, llamados también costos preoperativos, corresponden a aquellos que se incurren en la adquisición de los activos necesarios para poner el proyecto en funcionamiento o marcha. Es decir, son todos aquellos costos que se dan desde la concepción de la idea que da origen al proyecto hasta poco antes de la producción del primer producto o servicio.

### **3.10 Impacto Ambiental**

El impacto ambiental se define como una serie de cambios que sufre el medio ambiente, tanto positivos como negativos, causados por las actividades que desarrolla la humanidad en el planeta y en ciertas ocasiones, también por fenómenos o desastres naturales.

En muchas circunstancias van asociados a perjuicios que se generan por la contaminación derivada de compuestos químicos que se liberan en el aire, la tierra o el agua. Por lo general, desde hace algunos siglos, las actividades humanas han sido causantes de un desequilibrio ambiental. Entre las consecuencias más

comunes de este equilibrio están la contaminación del aire, la contaminación de los cuerpos de agua, la producción de residuos que supera la cantidad manejable y el daño a los ecosistemas. (lifeder, 2022)

Conforme a la norma técnica para el control ambiental en mataderos del país se considera que deben reunir condiciones de seguridad ambiental que deben de ser reguladas a fin de garantizar la protección de la población y el equilibrio ecológico. El rastro municipal de León se rige a través de entidades como IPSA, MINSA y la Policía Nacional para poder llevar a cabo los sacrificios de las reses dentro de la empresa.

De igual manera, a través del marco legal ambiental, de acuerdo a la Ley No. 2017, Ley General del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (Ley N. 217,2014) y al Decreto 20-2017 (2017) Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales, establecen que los proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad que, por sus características, puede producir deterioro al medio ambiente o a los recursos naturales, deberán obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental otorgado por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARENA).

El MARENA, entre otras asignaciones, es el encargado de brindar las directrices de los programas de gestión ambiental, según el Decreto No. 20-2017. En dicho decreto se declaran las siguientes categorías ambientales:

Categoría Ambiental I: Proyectos que son considerados como especiales de índole nacional o fronteriza.

Categoría Ambiental II: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de alto impacto ambiental potencial.

Categoría Ambiental III: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de moderado impacto ambiental potencial.

Categoría Ambiental IV: Proyectos que, en función de la naturaleza del proceso y los potenciales efectos ambientales, se consideran como de bajo impacto ambiental potencial.

Categoría Ambiental V: Proyectos experimentales o novedosos que están sujetos a investigación por desconocerse los potenciales impactos al medio ambiental y estarán sujetos a una valoración ambiental.

### **3.11 Aguas residuales**

Las aguas residuales son aquellas utilizadas en actividades industriales y comerciales, y que luego se descartan como desecho o residuo. Como desecho son denominadas aguas industriales residuales o aguas servidas.

Como todo proceso industrial hay que tomar en cuenta el manejo de Aguas Residuales, ya que, toda agua residual que genere una empresa debe ser sometida a tratamiento antes de disponerla al medio. El Decreto 21-2017 Reglamento en el que se establecen las Disposiciones para el Vertido de Aguas Residuales, Gaceta No 229 del 30 de noviembre de 2017, establece la calidad que deben tener esas aguas residuales de industrias específicas, antes de verterlas al medio ambiente.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Estado y disponibilidad de la materia prima.**

La materia prima requerida para el proceso productivo proviene del rastro municipal de León, así mismo, el diseño de la planta toma en consideración dos factores del mismo lugar; la materia prima y el espacio disponibles. Los proveedores serán en su mayoría ganaderos del mismo departamento u otros sectores aledaños a la zona, la materia prima deberá acondicionarse de tal manera que cumpla con los requerimientos de calidad necesarios para su aplicación en el consumo humano.

### **4.2 Metodología para el diseño de obtención de Queratina.**

Para iniciar el proceso de diseñar la línea de producción para la obtención de queratina, se debe determinar la capacidad de producción a generar. Y para llegar a eso se debe realizar una base de cálculo, luego se describe el proceso de cada operación junto con los equipos que conforman la línea de diseño.

El diseño del proceso se basa en la técnica propuesta por Florido (2007) para la obtención de queratina soluble y que establece los siguientes procesos: un triturado e hidrolisis, oxidación y neutralización, ultrafiltración y lavado para finalmente secar el material obtenido

#### **4.2.1 Capacidad de producción.**

La capacidad de producción se calcula relacionando la base de cálculo y los días en los que se recolectará el material proveniente del faenado. Considerando que se deben trabajar lotes de tamaño suficiente que justifique un tamaño adecuado de los equipos, el procesamiento de lotes se realizará con frecuencia semanal.

### **4.3 Metodología de cálculo de los costos para la instalación de la línea de producción.**

La metodología para poder realizar los costos totales para la instalación de la línea de producción de queratina, se estará determinando a través de las necesidades de los equipos que conformaran dicho proceso productivo, tomando en cuenta: calidad, cantidad, vida útil y precio; ya que todo esto debe generar una relación entre el producto, materia prima, y los reactivos a utilizar, con el fin de obtener un producto apto para el consumo humano.

Para esta sección, se abordarán los siguientes costos:

- ✓ Costos de Equipos Mayores y Menores
- ✓ Costos de Reactivos
- ✓ Costos de Materiales y Accesorios
- ✓ Costos de Cristalería

Todos estos costos se lograrán determinar a través de una base de cálculos con las respectivas cotizaciones presentadas por los diferentes proveedores nacionales e internacionales. De esta manera, se conseguirá el costo total para la inversión del montaje de la línea de producción de queratina.

#### **4.4 Metodología para la evaluación ambiental del proceso**

Para la valoración de los posibles impactos ambientales que pueda tener el proceso productivo se toma como referente el marco legal ambiental vigente, en el que se consideran el conjunto de disposiciones legales vigentes que regulan los procesos productivos del país, se identifican las políticas ambientales nacionales que conciernen al proceso, se hace una reflexión basada en la documentación legal existente que establece los procedimientos y requerimientos a cumplir respecto a la gestión de las respectivas autorizaciones ambientales para procesos de este tipo.

Los aspectos de impactos negativos, se elabora una tabla en donde se identificaron las principales actividades del proceso productivo que puedan tener un impacto negativo sobre el ser humano (operarios del proceso) y el ambiente.

Medidas de prevención, se propusieron actividades encaminadas a prevenir y controlar los posibles impactos y efectos negativos que pueda generar el proceso productivo, sobre el entorno humano y natural.

Propuesta de tratamiento para los efluentes líquidos del proceso, se propuso un plan de tratamiento para verter los desechos líquidos, o bien para su reutilización apegándose a las normas y leyes vigentes del país.

En el caso del rastro del municipio de León, el manejo de residuos sólidos como los cachos son incinerados para ser utilizados como abono orgánico dentro del vivero que tiene el rastro, las pezuñas junto con las patas son entregadas a los abastecedores para su posterior venta.

En el proceso del sacrificio de los bovinos los desechos sólidos como son los intestinos, mandíbulas, pelos y la mayor parte de los cuernos son retirados por el camión recolector de basura; en el caso del estiércol, pasan por un área de secado natural para darles uso a la zona de composte dentro del rastro y su venta a la

población en general. Para este proceso se hace uso entre unas 8 a 10 carretillas por día.

En el caso de los residuos líquidos, está la sangre que pasa por unas alcantarillas metálicas con rejillas de retención con el objetivo de retener algunos residuos sólidos como son: pelos, pedazos pequeños de huesos y carne en la trampa de grasa y de último, todos estos efluentes llegan a parar a un Biodigestor que es usado en el vivero.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Sitio de Proyecto

El rastro Municipal se encuentra ubicado en León, en el barrio indígena de Sutiava, bajo la siguiente dirección, del Banpro Sutiava 5 cuadras al Sur, en las coordenadas 512180.51m E y 1373989.90m N. (Ver figura 8).

Así mismo en la sección de anexos se presentan un plano de conjunto (anexo 9.5) donde se ubica el área de intervención y un plano con la ubicación exacta del proyecto dentro del rastro el área de intervención (anexo 9.6).

**Figura 7** Ubicación del rastro municipal en la ciudad de León



FUENTE: GOOGLE MAPS

## 5.2 Evaluación de las condiciones de la Materia Prima

La materia prima será directamente obtenida desde el mismo rastro municipal de León. Las razas faenadas en el rastro municipal de León son en su mayoría criollas, también las hay de la raza Brahman y Pardo. Dichas razas provienen de todos los municipios de León, y partes de Chinandega y Matagalpa. El promedio de reses que ingresan semanalmente es de 130, ya que el ingreso diario oscila entre 13 a 30 reses, dependiendo los días de alta y baja demanda en el consumo cárnico de la población.

El veterinario de la Alcaldía es quien se encarga de inspeccionar las reses para verificar su buen estado de salud antes de ser sacrificadas, las pruebas que se realizan son toma de temperatura, respiración y frecuencia cardiaca. Igualmente se evalúa la carne a través de diagnósticos visuales, como coloración, ya que, desafortunadamente el rastro no cuenta con un laboratorio para la ejecución de análisis más precisos. El IPSA es uno de las instituciones con las cuales se tiene mayor interacción y esta mantiene una base de datos con el registro medico de las reses, de tal manera determinan si hay un lote de bovinos que pueda presentar complicaciones, este se descarta y se evita una problemática a la salud humana.

La Policía ejerce control adicional sobre los proveedores; estos deben presentar una patente que cuente con los requisitos necesarios para la aprobación de los bovinos al rastro, las cuales son:

- Matricula Fierro
- Guía de traslado
- Carta de venta
- Boleta de destace

A estas instituciones se suma el MINSA, estos últimos verifican que todo este correcto respecto de los aretes de las reses, la limpieza de los residuos sólidos y el tratamiento de los líquidos que con ayuda de BORDA ayuda a su mantenimiento y función. Por último y no menos importante que lleven en regla los requisitos del sacrificio de los bovinos.

Con las muestras de ciertos desechos de cuernos y pezuñas se hizo un pesaje para poder determinar la producción que se estará generando en la planta, en jornadas laborales de 8 horas, incluyendo los días lunes a viernes.

$$\text{Días totales} = \frac{24 \text{ días} \times 12 \text{ meses}}{1 \text{ mes}} = 288 \text{ días}$$

Se procede a dividir 4,254.54kg de pezuñas y 2,808 kg de cuernos para un año de manufactura entre los días totales para laborar en un año.

$$\text{Cantidad de cuernos por día} = \frac{2,808 \text{ kg} \times 1 \text{ día}}{288 \text{ días}} = 9.75 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad de pezuñas por día} = \frac{4,254.54 \text{ kg} \times 1 \text{ día}}{288 \text{ días}} = 14.77 \text{ kg}$$

Lo que genera una disponibilidad de materia prima de **24.52 kg** al día, sin embargo, la producción dentro de la planta se estará efectuando por lote con frecuencia semanal, lo que implica la recolección diaria de los subproductos que pasarán a ser almacenados hasta alcanzar la cantidad de **147.12 kg/ semana**.

### 5.3 Descripción del proceso de producción

Con el fin de identificar los equipos que estarán compuestos dentro de la línea de producción, así como los parámetros de operación, se definieron cada una de las etapas del proceso de obtención de queratina a partir de los cuernos y pezuñas de reses.

- **Recepción de materia prima:** Es de primordial importancia garantizar que la materia prima conserve sus propiedades y características, tanto en el transporte, recepción y el almacenamiento. Considerando que deberá almacenarse por días para su posterior procesamiento, se deben evitar los factores que puedan afectar las propiedades fisicoquímicas y organolépticas. El almacenamiento de la materia prima se realizará en contenedores plásticos abiertos y con tapa con capacidad de 1000 litros
- **Pretratamiento de materia prima:** En este paso las muestras se transfieren a un tanque de lavado al cual, se le añade 150 L de agua e hipoclorito de sodio a 0.0003% con el fin de eliminar todas las impurezas como tierra, bacterias, hongos o cualquier otro agente extraño que esté presente, posteriormente se removió manualmente con una paleta hasta lograr que la solución quedara completamente homogénea. Se deja reposar aproximadamente 24 horas. Finalmente, después del tiempo sugerido, se pasa nuevamente en agua para eliminar los residuos de cloro. (Perez, 2016).

El tanque de lavado esta provisto de una bomba de recirculación colocada en la parte inferior del tanque y una válvula de descarga para el agua sucia.

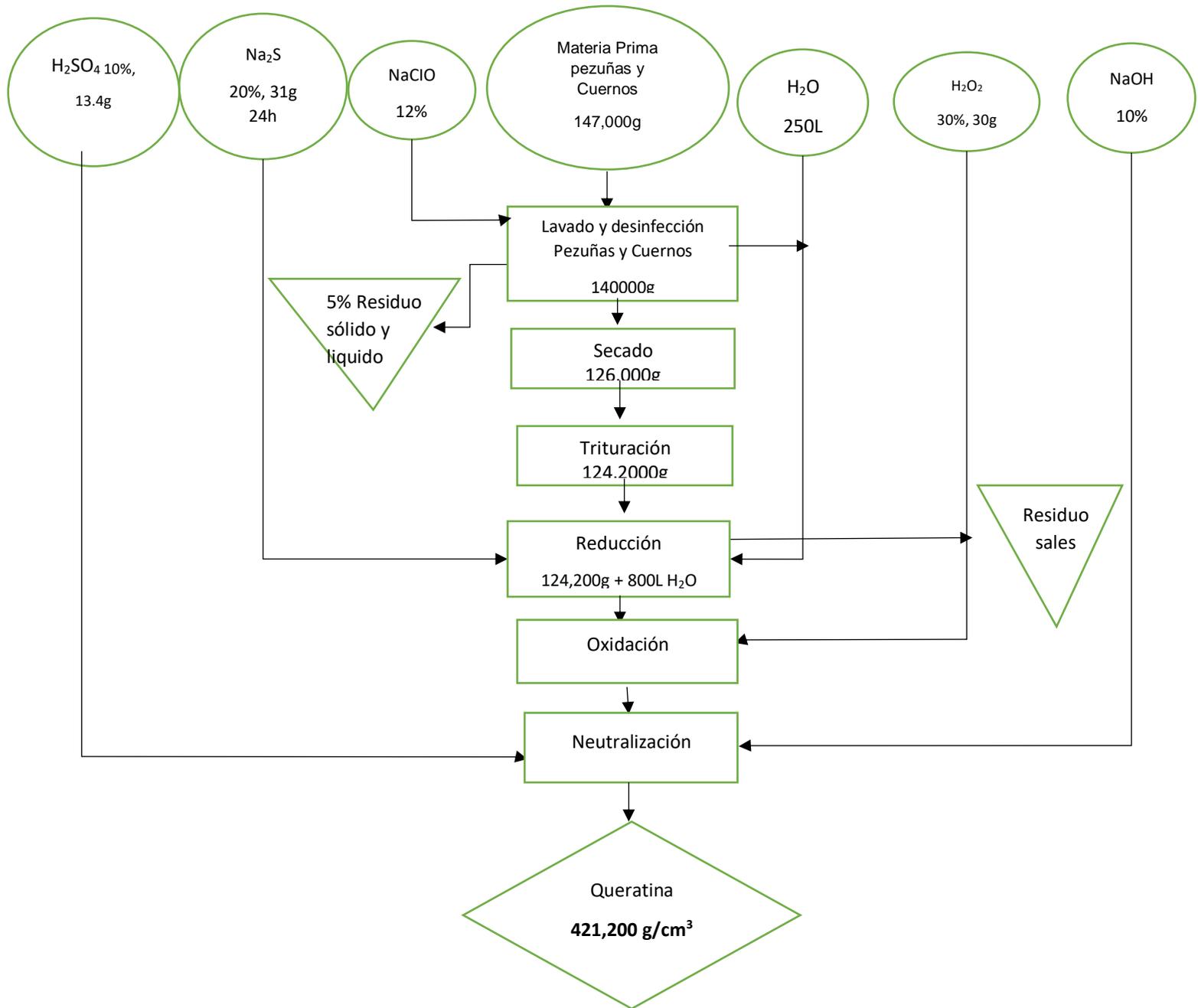
- **Secado:** Después de eliminar las aguas sucias se pasa por un horno por 3 horas para eliminar la mayor cantidad de agua contenida en los cuernos y pezuñas.
- **Triturado:** En esta etapa se procede a triturar los cuernos y pezuñas, con el objetivo de reducir su tamaño y simplificar el trabajo en las siguientes etapas.

Luego de pasar este proceso, se continua con el **Método de Sulfuro de Sodio** para obtener el producto deseado.

- **Reducción:** La materia prima acondicionada después del triturado se pasa a un tanque y se le añade agua en una relación 30:1 y sulfuro de sodio al 20% para dar inicio a la hidrólisis, la cual tendrá una duración aproximada de un día, durante el cual se conservará la compresión. La cantidad mínima de agua viene determinada por la altura a la que se encuentra la hélice del agitador neumático utilizado.
- **Oxidación:** En esta etapa se hace la oxidación y neutralización posterior a la hidrólisis. El líquido pasa al tanque de oxidación y se ajusta el pH hasta 4.8 añadiendo ácido sulfúrico y se añade 23.54 litros de  $H_2O_2$  (agente de acción oxidante), se agita el tanque durante 50 minutos con un agitador (integrado en el tanque), posterior a ello, se deja decantar el sólido en la parte inferior del reactor y se separa el sólido precipitado en el fondo
- **Ajuste a pH 7, y primer lavado:** Se disuelve el sólido recogido en la decantación en 800 litros de agua en el mismo equipo, y se ajusta el pH con la adición de NaOH hasta un valor de pH 7. Después, se deja en agitación durante alrededor de 30 minutos para efectuar el lavado. pH neutro,
- **Segundo Lavado:** Se añaden nuevamente otros 800 litros de agua y se agita el contenido del reactor durante alrededor de otros 30 minutos. Después de alrededor de tres horas de decantación, se separa el líquido del sólido de la misma manera que en las decantaciones precedentes y el sólido obtenido se lleva a la etapa de secado

**Secado:** El producto obtenido de la última fase de decantación con el contenido en sales adecuado pasa por una última etapa de secado para su futura aplicación. (Rodriguez, 2007) (Florido and Luis 2007)

**Figura 8** Diagrama de proceso para la elaboración de queratina a partir de cuernos y pezuñas de bovinos.



## 5.4 Balance de Materia

La línea de producción para extraer queratina está compuesta por varias etapas, las cuales son: lavado, secado, triturado, reducción, oxidación y neutralización. Dichos resultados están indicados para cada lote de una producción semanal. Los cálculos están presentados en la sección **Anexos (9.1)**

### 5.4.1 Etapa de lavado

*Tabla 2 Resultados balance de materia etapa de lavado*

<b>Balance de materia</b>	
Tiempo total de operación	24 horas
<b>Entrada</b>	
Cuernos y pezuñas(kg)	147
H <sub>2</sub> O	250 L
Hipoclorito al 0.03%	0.626 L
<b>Salida</b>	
H <sub>2</sub> O + NaClO	250.0625L
Suciedad	5%
<b>Total (kg)</b>	<b>140</b>

### 5.4.2 Etapa de Secado

Para la selección del Horno se optó en base a los parámetros básicos de la tasa de calentamiento.

*Tabla 3 Resultados balances de etapa de secado*

<b>Balance de materia</b>	
Tiempo total de operación	15 min
<b>Entrada</b>	
Cuernos y pezuñas	140kg
Humedad	12%
<b>Salida</b>	
<b>Total</b>	<b>126.56kg</b>

Para obtener la humedad de la materia prima se tomó de referencia valores de una investigación que se llevó a cabo a nivel de laboratorio. De estos datos se consideró un promedio, puesto que las edades de las reses del rastro son variables.

**Tabla 4** Análisis de la humedad de pezuñas de bovino

<b>Factores</b>	<b>Mayores de 30 meses</b>	<b>Menores de 30 meses</b>
Humedad	13.08	11.75
Tiempo de secado (minutos)	10.7	9.1
Velocidad de secado (%/minutos)	0.05	0.05

**Fuente:** (Katherine Gutiérrez, 2019)

#### 5.4.3 Etapa de trituración

La masa resultante de la etapa de secado fue de importancia para la selección de una trituradora que cumpliera con los requisitos del nuevo producto.

**Tabla 5** Resultados balances de etapa de trituración

<b>Balance de materia</b>	
<b>Entrada</b>	
Masa de inicial (kg)	126.56 kg
<b>Salida</b>	
Masa triturada	124.02
Residuo	2%

#### 5.4.4 Etapa final para la extracción de queratina

El proceso de extracción de la queratina consta de 3 etapas fundamentales: Reducción, Oxidación y Neutralización. En base a estas etapas, se seleccionó dos reactores con los parámetros necesarios para el proceso.

**Tabla 6** Parámetros básicos de los reactores

<b>Parámetros</b>	<b>Valores/Unidades</b>
Capacidad	1000L
Material	Acero inoxidable
Velocidad por rotación	85 r/min

En el primer reactor esta la fase de reducción en la que se añadió 124kg de materia prima, 450L de agua y 30gr de sulfuro de sodio hasta formarse una mezcla

homogénea, después se pasó por un conductor al otro reactor en donde se le añadió los siguientes reactivos como es, 13 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 10L H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, por último, para neutralizar el producto final se le agrego NaOH. dando un peso total de queratina pura de 360L la cual puede ser distribuida a compradores de diversas empresas y ser utilizada para fines estéticos.

## 5.5 Inversión para la instalación de la línea de producción

El costo de la inversión para la instalación del proceso productivo fue de **USD 20,655.54** equivalente a **751,861.656 NIO**. Este valor se logró a través de una sumatoria de los diferentes costos que conforman la inversión.

### 5.5.1 Costos de Equipos Mayores y Menores

*Tabla 7 Cotización de equipos mayores*

Equipos Mayores		
Equipos	Cantidad	Precio Unitario
Reactor	2	USD 4,185
<b>Total</b>		<b>USD 8,370</b>

*Tabla 8 Cotización Equipos Menores*

Equipos Menores		
Equipos	Cantidad	Precio USD \$
Tanque 450 litros	1	128
Trituradora	1	1,750
Horno	1	4,800
Barriles	4	54.95
<b>Total</b>		<b>6,898</b>

### 5.5.2 Costos de Reactivos

Para procesar **147.47Kg** de queratina se procedió a calcular el costo del consumo de los reactivos requeridos a como se muestra a continuación:

**Tabla 9 Costos de Reactivos para la línea de producción**

Reactivo	Concentración	Capacidad	Precio USD \$	Proveedor
Hipoclorito	12%	5 gal	25	Futec
Ácido sulfúrico	98%	1lt	27	Química FATRA
Sulfuro de sodio	60%	1kg	6	Química FATRA
Peróxido de Sodio	30%	1 kg	5	Química FATRA
Hidróxido de Sodio	97%	1kg	116.42	Química FATRA
<b>Total</b>			<b>179.42</b>	

### 5.5.3 Costos de Materiales y Accesorios

A continuación, se detalla los costos de los materiales y accesorios a utilizar dentro del proceso productivo, los cuales ayudaran al traslado de la materia prima u otros accesorios.

**Tabla 10 Materiales y Accesorios**

Nombre	Unidades	Precio Unidad USD\$	PrecioTotal USD\$
Carretillas	2	54.68	109.34
Palas	2	20.16	40.38
Cubetas	2	2.99	12.08
Codos 1/4	4	1.23	4.95
Codos T 1/4	2	1.23	2.47
Válvulas 1/4	4	4.98	19.78
Teflón 1/2	4	0.27	1.10
Tubo conduit 1/2"	4	0.76	3.08
Unión Conduit 1/2"	5	0.16	0.82
Conector conduit 1/2"	6	0.14	0.82
Tarro de pega PVC	1	4.40	4.40
Centro de carga 4 espacios CHG	2	57.60	115.38
<b>Total</b>		<b>148.62</b>	<b>308.67</b>

### 5.5.4 Costos de Cristalería

La siguiente tabla está conformada por toda la cristalería necesaria para realizar las disoluciones de los reactivos a utilizar dentro de las diferentes etapas.

**Tabla 11** Cristalería para reactivos

Nombre	Unidades	Precio Unitario USD \$	Precio Total USD \$	Proveedor
Mesas	1	127.47	27.47	Mercado Local
Bancos de madera	2	6.48	32.96	Mercado Local
Balanza Analítica	1	412.09	412.09	Amazon
Beaker 500ml	2	17.80	35.60	Amazon
Beaker 1000 ml	2	21.97	43.94	Amazon
pHchmetro	2	17.03	34.06	Amazon
Probeta 10 ml	2	13.73	27.46	Amazon
Probeta 500 ml	2	21.97	43.94	Amazon
Goteros	12	0.27	3.24	Amazon
Gavachas	2	16.48	32.96	Mercado Local
<b>Total</b>		<b>565.29</b>	<b>1,823.52</b>	

### 5.5.5 Costos de Mano de Obra

Para la instalación de la planta es necesario hacer unas mejoras con los materiales que se muestran en la tabla 12:

**Tabla 12** Costos de mano de obra

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (USD \$)	Precio Total USD \$
Mano de Obra m <sup>2</sup>	60mts	21.95	1,318.68
Pintura cubeta	2	112.61	225.47
Zener (galón)	3	6.86	20.60
Perlin 2"x4"x1/16	14	31.95	447.82
Cajas 4"x6"x1/8	4	92.03	368.50
perno para techo	350	0.43	153.84
Platina de 5"x5"x1/4	8	6.86	54.95
Soldadura (cajas)	2	31.39	62.85
Puerta metálica	2	22.67	443.83
<b>Total</b>		<b>326.75</b>	<b>3,096.54</b>

### 5.5.6 Costo total de la línea de producción

A través de una sumatoria de todos los costos se logró determinar la inversión inicial para el montaje de la línea de producción

**Tabla 13** Costo total del montaje de la línea de producción

<b>Costo Total de la inversión (USD \$)</b>	
Costo de Reactivos	179.42
Costos de Cristalería	1,823.52
Costo de Accesorio	308.06
Costo de Equipos Mayores	8,370.00
Costo de Equipo menores	6,898.00
Costo de mano de obra	3,096.54
<b>Total</b>	<b>20,655.54</b>

Se logró determinar que se requiere de una inversión de USD \$ 20,655.54 para el montaje de la línea, la cual se realizara dentro del mismo rastro, tomando una zona que es utilizada como bodega (Ver Anexo 9.9). Contando así, con el espacio requerido equivalente a 10.10m x 9.36m, (95.54 m<sup>2</sup>) evitando así un gasto externo en infraestructura.

### 5.6 Análisis del Impacto Ambiental

El proceso productivo del presente trabajo es considerado Categoría V: "Son proyectos novedosos que están sujetos a valoración ambiental provisional por desconocerse los potenciales impactos al medio ambiente", del decreto 20-2017. Por lo que, se debe contar con un plan de medidas ambientales ya que, en el país aún no se cuenta con industrias dirigidas al sector de la cosmetología, por ende, se desconocen los impactos ambientales generados en este rubro industrial.

Sin embargo, debido a la similitud de la industria puede ser clasificada en Categoría IIIB: "Son aquellos proyectos relacionados con el manejo de los residuos y desechos peligrosos. EL MARENA, a través de la Dirección General de Calidad Ambiental emitirá Autorización Ambiental para los siguientes proyectos".

- Manejo de residuos y desechos de medicamentos, productos farmacéuticos e insumos médicos vencidos y en desuso

### 5.6.1 Actividades que pueden generar impactos ambientales negativos

A pesar de desconocer los impactos ambientales que generan este tipo de industrias, durante el proceso productivo, se lograron identificar ciertos químicos que podrían generar impactos negativos al medio ambiente como para el personal que llegue a laborar dentro de esta línea de producción.

- Efluentes líquidos
- Emisiones a la atmosfera

En la siguiente tabla se muestra dichas actividades y el efecto directo que estas podrían ocasionar a los diferentes factores ambientales.

**Tabla 14** Identificación de posibles impactos ambientales negativos

<b>Actividad</b>	<b>Factor Implicado</b>	<b>Efecto negativo sobre el medio ambiente</b>
Emisiones a la atmosfera	Aire	Estos efectos provienen a lo largo de las etapas que conforman la línea de producción, ya que, se añaden diferentes cantidades de químicos, tales como: Sulfuro de sodio, Peróxido de Hidrogeno, etc, por ende, podrían ser causantes de emisiones perjudiciales tanto para el ambiente como para los operarios dentro del proceso.
Efluentes líquidos	Zonas acuíferas	Las aguas provenientes del lavado, y del horno luego de pasar por los reactores, vienen con una gran cantidad de químicos perjudiciales y cargas orgánicas.

### 5.6.2 Tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales

Según la Norma Técnica Obligatoria para regular los tratamientos de aguas residuales y su uso NTON 05027-05 no se permite la descarga directa o indirecta de aguas residuales no tratadas, ya sea doméstica, industrial y agropecuaria en cualquier cuerpo de agua superficial, suelo y subsuelo. Es responsabilidad de los generadores de aguas residuales el manejo y tratamiento de los desechos líquidos y sólidos, desde su generación hasta su disposición final.

El manejo de los desechos líquidos comprende las siguientes actividades:

- a. Recolección de líquidos
- b. Tratamiento
- c. Disposición Final
- d. Reciclaje/Reuso

El manejo de los desechos sólidos (basura) comprende las siguientes actividades

- a. Recolección de sólidos
- b. Almacenamiento
- c. Transporte
- d. Tratamiento
- e. Disposición Final

### 5.6.3 Caracterización de las aguas residuales

Existen muchos compuestos dentro de las industrias de la cosmetología que pueden ser separados de los vertidos por procesos convencionales como los tratamientos fisicoquímicos, (decantación/flotación/filtración, etc.), y los tratamientos biológicos tanto aerobios como anaerobios, pero otros tratamientos más complejos para poder llegar a las exigencias legales en los vertidos. (envitech, 2022)

Dada la elevada diversidad de productos que se pueden fabricar en las industrias de cosméticos y de sus variadas características y posibles toxicidades, se hace muy difícil caracterizar un tratamiento de vertidos específico. Sin embargo, por medio de distintos análisis de efluentes representativo de una industria de este tipo, se consideran los siguientes parámetros para el tratamiento de las aguas residuales.

**Tabla 15** Caracterización Fisicoquímica de las aguas residuales de la industria de la cosmetología

Parámetro	Concentración en mg/L (antes FQ)	Concentración en mg/L (tras FQ)
DBO <sub>5</sub>	1910	1495
DQO	3436	2720
SS	980	124
Biodegradabilidad	-	0.39
pH	7	8
Tensoactivos	>100	47.5
Aceites y grasas	>100	32

(envitech, 2022)

El resultante es un efluente que aún contiene una elevada concentración de materia orgánica, mostrando de esta forma que los parámetros más nocivos son la DBO y DQO. Cabe recalcar que el rastro cuenta con reactores anaeróbicos para el tratamiento de todas las aguas residuales provenientes de las salas de sacrificios de los porcinos y reses para luego ser utilizado como biogás, de esta misma manera se podría implementar el mismo proceso para tratar las aguas residuales provenientes de la línea de obtención de queratina, ya que lastimosamente, en el decreto 21-2017 "*Reglamento para el vertido de aguas residuales*" no se cuenta con las disposiciones de cómo tratar las aguas ya que es un proyecto novedoso en el país, y por ende, no se conoce a ciencia cierta su tratamiento.

A pesar de lo antes mencionado podemos trabajar con un proceso de tratamiento de las aguas residuales al tomar los rangos y valores establecidos en el mismo Decreto 21-2017, **Artículo 52. Rangos y Valores máximos permisibles para los Vertidos de Aguas Residuales provenientes de la Industria Farmacéutica.** Los vertidos de aguas residuales provenientes de La industria farmacéutica que sean descargados a cuerpos receptores, deberán cumplir los rangos y valores máximos permisibles siguientes:

**Tabla 16** Rangos y Valores máximos permisibles para los Vertidos de Aguas Residuales provenientes de la Industria Farmacéutica

Parámetro	Rangos y Valores Máximos Permisibles
pH	6-9
Solidos Suspendidos Totales (mg/l)	120
Solidos Sedimentables (ml/l)	3
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	125
DQO (mg/l)	250
Aceites y Grasas Totales (mg/l)	30
Nitrógeno Kjeldahl	30

## VI. CONCLUSIONES

Considerando el monitoreo y control que se realiza sobre el ganado previo al sacrificio, en donde se incluyen exámenes médicos, físicos y una revisión visual del estado general del ganado bovino, de tal manera que se considera apto para el cómo consumo humano y también para la extracción queratina. La obtención de queratina a partir de los desechos del faenado de ganado provee una importante agregación de valor a dichos desechos.

Aun cuando el estado de los cascotes y cuernos disponibles para el proceso de extracción de queratina sea aceptable respecto a su calidad, se debe realizar el proceso de acondicionamiento consistente en el lavado, desinfección y secado del material.

Se dimensionaron y seleccionaron los equipos necesarios para efectuar el proceso de extracción de queratina de la manera más simple, el proceso seleccionado se realiza en frío lo que representa un beneficio para la empresa desde el punto de vista energético, puesto que en toda industria los costos por energía son muy altos y suelen incrementar los costos significativamente.

Se calcularon los costos del proyecto de la unidad de procesamiento de queratina, los factores considerados en la línea de proceso incluyen costos de mano de obra, costos de equipos mayores y menores, accesorio, cristalería. En base a cotizaciones en varias empresas dentro y fuera del país se obtuvo un valor de USD\$ 20,655.54 dólares.

El posible impacto ambiental no puede establecerse ya que es un proyecto novedoso en nuestro país y no hay una norma específica para dar un tratamiento a estos efluentes, sin embargo, se logran identificar varios contaminantes provenientes de los reactivos que se añaden dentro del proceso de producción, por lo que debido a la similitud de la industria se clasificó en categoría IIIB, a través del decreto 21-2017 y la NTON 05027-05, recomendando realizarle un tratamiento físico químico o biológico a estas aguas residuales, ya que es de carácter obligatorio tratar todo efluente proveniente de una industria química.

## VII. RECOMENDACIONES

Al concluir esta propuesta para la línea de proceso de obtención de queratina en el rastro de León, se recomienda las siguientes actividades.

Ampliar las materias primas para esta línea de producción, que se consideren, además de estos dos tipos de desechos (Pezuñas y cuernos) también pelaje de la vaca desechos del faenado de cerdos de donde se puede obtener queratina.

Considerar la instalación de un laboratorio en el rastro para realizar las pruebas necesarias a los subproductos y a su vez, generar una base de datos interna que constituiría un primer paso para establecer la trazabilidad de los productos del Matadero Municipal de León.

Para mejorar la rentabilidad de la empresa en la producción de queratina se deben comprar los reactivos al por mayor, para esto se debe acondicionar un área para el almacenamiento de dichos reactivos, esto contribuiría a reducir los costos de producción.

En el impacto ambiental se recomienda un tratamiento adecuado para los residuos sólidos y líquidos que deja la línea de producción. Puesto que es un proyecto novedoso en el país aún no se cuenta con una norma que disponga del tratamiento de los vertederos de aguas de esta industria. Basándonos en estudios de otros países en el que, si se cuenta con industrias dirigidas al rubro de la cosmetología, se recomienda un tratamiento fisicoquímico y biológico para tratar estos efluentes con altas cargas orgánicas por su contenido de químicos.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

- (s.f.). Obtenido de QUIMICA.ES: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Queratina.html>
- (2012). Obtenido de Dieti Natura: <https://www.dieti-natura.es/plantas-y-activos/keratina.html>
- ambiente, i. v. (07 de 12 de 2021). Obtenido de <https://internacomedioambiente.es/noticias/que-tipos-de-trituradoras-industriales-hay/>
- Artigas Ramiro, C. B. (3 de Agosto 2021 de agosto de 2021). Obtencion de hidrolizado de queratina para productos capilares a partir de pelo bovino. *Obtencion de hidrolizado de queratina para productos capilares a partir de pelo bovino*. uruguay:
- BDcom. (01 de Febrero de 2019). *BDcom*. Obtenido de <https://www.balanzasdigitales.com/blog/9/usos-de-balanzas/12/balanzas-industriales-tipos-y-funciones/BD>
- Cedillo, M. V. (marzo 2013). "DETERMINACIÓN DEL MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE QUERATINA. Quito: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1088/1/T-UCE-0008-10.pdf>.
- CEVA.PRO,2022. (2022). *pezuñas de vaca, la importancia de tenerlas sanas* . <https://ruminants.ceva.pro/es/pezunas-de-vaca>.
- (2018). *Cuidado de Pezuñas*. <https://www.anka.com/estructura-basica-de-la-pezuna/>.
- Chain, N. S. (2007). *Proyectos de inversión: formulación y evaluación*, Pearson Educación.
- Diario del Exportador*. (2023). Obtenido de <https://www.diariodelexportador.com/2019/03/el-costo-del-seguro-en-una-operacion->
- Esan, c. (07 de Febrero de 2020). *Esan*. Obtenido de [w.w.w.esan.edu.pe/conexion-esan/indicadores-de-rentabilidad-en-proyectos-de-inversion-cuales-son](http://www.w.w.w.esan.edu.pe/conexion-esan/indicadores-de-rentabilidad-en-proyectos-de-inversion-cuales-son)
- Estelrich, A. R. (17 de Octubre de 2019). *OUSHIA*. Obtenido de <https://oushia.com/la-queratina/>
- Fauna, S. (s.f.). *de que estan hechos los cuernos de la vaca y de toro*. Obtenido de <https://www.solofauna.com/vacas/de-que-estan-hechos-los-cuernos-de-vaca-y-de-toro/>
- Florido, L. and J. Luis (2007). "Procedimiento para la obtención de microfibras de queratina a partir de residuos ganaderos." Inventor. Int. CL.: C08H1/06. Patente. WO2007023199 A 1.
- Ganadero, C. (07 de mayo de 2019). Obtenido de <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/como-se-utilizan-los-subproductos-bovinos>
- GEA. (2022). Obtenido de <https://www.gea.com/es/products/dryers-particle-processing/spray-dryers/conventional-spray-dryer.jsp>
- Hernandez, M. C. (2016). *escalamiento del proceso de obtencion de queratina a partir de plumas de pollo por el metodo Sulfuro de sodio*. Managua: <https://ribuni.uni.edu.ni/2423/1/91996.pdf>.
- Hernandez, M. C. (2016). *escalamiento del proceso de obtencion de queratina a partir del metodo de sulfuro de sodio*. Managau Nicaragua: Universidad Nacional de ingenieria. F.I.Q.
- J.L. Tellería Jorge, M. P. (s.f.). *Cuernos y astas*. madrid: <https://ucm.es/macv/cuernos-y-astas>.
- Juridico, A. (Junio de 1987). Tipos de Rastros. *La Administracion de los rastros*. D.F, Toluca, Mexico: UNAM.

- Katia del Carmen Chavez Marin, C. A. (2014). *estudio para la obtencion de queratina a partir de plumas de pollo con los metodos de sulfuro de sodio y borohidruro de sodio a nivel de laboratorio*. Managua Niacragua.
- lifeder*. (21 de Julio de 2022). Obtenido de <https://www.lifeder.com/impacto-ambiental/>
- Madrid, t. I. (s.f.). Obtenido de <https://www.comunidad.madrid/servicios/salud/papel-mataderos>
- McMurry, J. (2012). Quimica Organica. En J. McMurry, *Quimica Organica* (pág. 1066).
- MINECO, C. M. (s.f.). *Reglamento Técnico Centroamericano*.
- MOTTERSHEAD, C. (12 de junio de 2011). *BBC NEWS MUNDO*. Obtenido de Clare Mottershead: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110608\\_inusuales\\_usos\\_de\\_los\\_animales](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110608_inusuales_usos_de_los_animales)
- Nassir Sapag, R. S. (2014). *Preparacion y evaluacion de proyectos*. Mexico, DF: McGrawHill.
- Pérez Porto, J. M. (16 de octubre de 2013). *Definicion de ueratina- Que es, Significado, Concepto*. Obtenido de <https://definicion.de/queratina/>
- Perez, L. G. (2016). *Extraccion de colageno y queratina a partir de cascos de bovino como metodo de aprovechamiento de los residuos generados en el Camal Municipal de Riobamba*. Riobamba-Ecuador : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Plaremesa.net. (2022). Obtenido de <https://www.plaremesa.net/que-son-los-tanques-industriales>
- PROCESS, I. M. (2023). *INOX MIM PROCESS*. Obtenido de <https://www.inoxmim.com/blog/mezcladora-industrial-de-alimentos/>
- queratina. (s.f.), (págs. <https://www.dieti-natura.es/plantas-y-activos/keratina.html>).
- Quintero-Curvelo.G.A. Huerta. Diaz E., O. D. (2017). Procesamiento de plumas para la obtencion de queratina. *Universidad la Gran Colombia*, : <http://10.18634/ugcj.23v.0i.767>. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/268087879.pdf>
- (s.f.). *Reglamento tecnico centroamericano RTCA 71.03.45:07*.
- Rodriguez, J. L. (2007). *"PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE MICROPIBRAS DE QUERATINA A PARTIR DE RESIDUOS GANADEROS*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO2007023199A1/es>
- Seampedia. (03 de Mayo de 2018). Obtenido de <https://seampedia.com/que-es-una-linea-de-produccion/>
- SOLUTIONS, C. M. (2022). Obtenido de <https://www.camec.net/es/recursos/que-son-los-trituradores-industriales-y-para-que->
- Timmerhaus, P. y. (1991). *Plant design and economics for chemical enginners*.
- TOTVS. (19 de enero de 2023). Obtenido de <https://es.totvs.com/blog/gestion-industrial/que-son-los-costos-de-produccion-como-calcularlos-y-como-reducirlos>
- tucuerpohumano*. (2019).
- Urbina, G. B. (2010). *Evaluacion de Proyecto*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Urbina, G. B. (2013). *Evaluacion de Proyecto 7ta edicion*. D.F Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Zapata, D. C. (2015). *Efecto antimicrobiano del agua superoxidada ozonificada en la curacion de pacientes con quemaduras de II y III grado ingresados en el Hospital Escuela Lenin Fonseca en el periodo de Diciembre 2014 a Febrero 2015*. Managua.

## IX ANEXOS

### 9.1 Preparación de Disoluciones.

#### ➤ Sulfuro de sodio a 20%

Se tomaron 30.99 kg del reactivo de  $\text{Na}_2\text{S}$  y se disolvió en 1 litros de agua destilada, para obtener el sulfuro de sodio a 1.5%.

$$g\text{Na}_2\text{S } 60\% = \frac{1.5 \text{ gNa}_2\text{S}}{100 \text{ ml de solución}} \times \frac{1240000 \text{ ml solución} \times 100 \text{ g reactivo}}{60 \text{ g}}$$

$$g\text{Na}_2\text{S } 60\% = 30,999 \text{ g} = \mathbf{30.99 \text{ kg}}$$

#### ➤ Peróxido de Hidrogeno al 30%

El grado del reactivo es usado para diversos experimentos científicos y también contiene estabilizadores. No es recomendable para uso interno. (Zapata, 2015). En este reactivo no se hará disolución porque viene con la concentración que está estipulada para el proceso.

#### ➤ Ácido Sulfúrico al 10%.

$$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$$

$$M_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 98$$

$$\rho = 1.84 \text{ g/cm}^3$$

$$V = 1000 \text{ ml}$$

$$eq = \frac{PM}{\# \text{ de moles}} = \frac{98 \text{ g/mol}}{2} = 49 \text{ g/cm}^3$$

$$N = \frac{(\% \frac{m}{m})(\rho)(10)}{eq(\text{solución})} = \frac{(98)(1.84 \frac{\text{g}}{\text{mol}})(10)}{49 \text{ g/cm}^3} = 36.8 \text{ N}$$

$$V \times V_d = V_c \times N$$

$$V_c = \frac{V \times V_d}{N} = \frac{(1000 \text{ ml})(0.5 \text{ N})}{(36.8 \text{ N})} = \mathbf{13.58 \text{ ml}}$$

➤ **Hidróxido de Sodio al 10%**

Se tomaron 100 gramos del reactivo de NaOH y se disuelven en 900ml de agua, para obtener 1000ml de una disolución Hidróxido de sodio al 10%

$$\begin{aligned} NaOH\ 10\% &= \frac{100g\ NaOH}{900ml\ H_2O + 100g\ NaOH} \times 100 \\ &= 10\% \text{ de NaOH} \end{aligned}$$

## 9.2 Calculo de Densidad de los subproductos

Se calculó la densidad de cada subproducto a través de pruebas de laboratorio y se determinaron la masa y volumen de los mismos. Con esos datos se dimensionado a la cantidad de producción que se obtendrá por lote semanalmente en el rastro.

Prueba del laboratorio para obtener la masa se tuvo que hacer pesaje cuatro veces en una balanza analítica para obtener el promedio de las cuatro pruebas y para determinar el volumen se utilizó dos beaker uno de 500ml para un trozo de cuerno, pero se le añadió 300 ml de agua destilada y para la pezuña se utilizó un beaker de 2000 ml en la que se añadió 1000ml de agua destilada. Al sumergir en cada beaker la materia prima se puede calcular el volumen.

**Tabla 17** Datos de Laboratorio

Material	Masa	Volumen
Cuernos	8.62g	3.79g/cm <sup>3</sup>
Pezuñas	75.9g	56 g/cm <sup>3</sup>

Ecuación de la densidad.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Obteniendo esos resultados podemos dimensionar la cantidad de masa de cada subproducto por semana

$$\text{Cantidad de cuerno por dia} = 9.75\ kg \times 6\ \text{dias trabajado} = 58.5\ kg$$

$$\text{Cantidad de pezuña por dia} = 14.77\ kg \times 6\ \text{dias trabajado} = 88.62\ kg$$

De esa misma manera se obtiene el volumen.

**Tabla 4** Propiedades de la materia prima

	Masa	Densidad	Volumen
Cuernos	58.5 kg	2270 kg/m <sup>3</sup>	0.065m <sup>3</sup> (65 litros)
Pezuñas	88.62 kg	1360kg/m <sup>3</sup>	0.026 m <sup>3</sup> (26 litros)

Con un sobre dimensionamiento del 30% y una cantidad de agua de lavado equivalente al doble de la de la materia prima, el volumen del tanque de lavado es de 236 litros. Se recomienda un tanque de ROTOPLAST de 450 litros (comercial)

### 9.3 Balance de materia

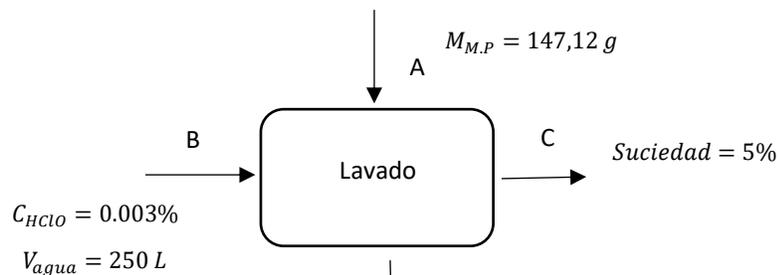
✚ Ecuación general de balance de materia

Balance general:

Entrada = Salida

$$A+B = C+D$$

#### Lavado



$$M_A M_B = M_C M_D$$

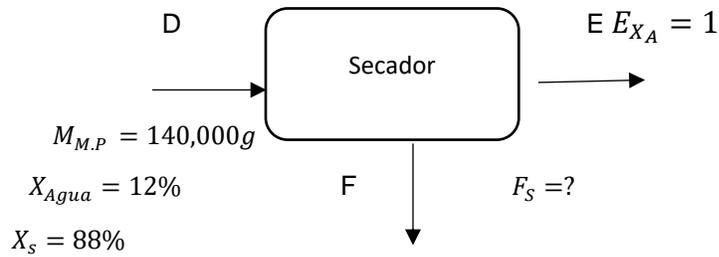
$$M_B = M_D$$

$$M_A - M_C$$

$$M_{Total} = 147,120g - 5\%$$

$$M_{Total} = 140,000g$$

### **Etapa de Secado**



#### Balance Global

$$M_D (X_H) = M_E + M_F$$

#### Balance del agua

$$140,000g(0.12) = M_E + M_F$$

$$M_E = 0.8 (0.12 M_D)$$

$$M_E = 0.8 (0.12(140,000 g))$$

$$M_E = 13,440 g$$

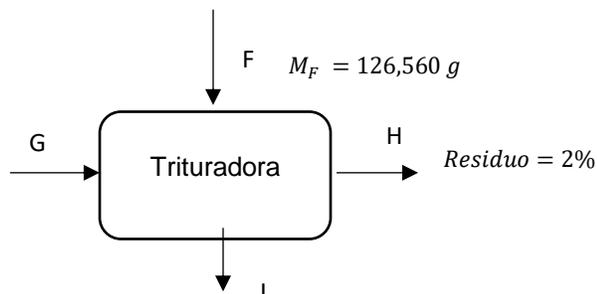
#### Balance de la materia prima

$$140 kg = 13.44 kg + M_F$$

$$M_F = 140,000g - 13,440 g$$

$$M_F = 126,560g$$

### **Etapa de Triturado**



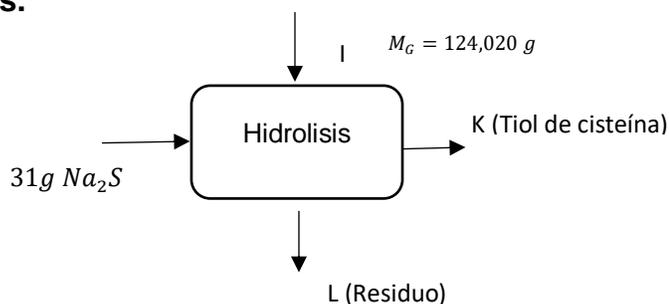
$$M_F M_G = M_H M_I$$

$$M_F - M_I$$

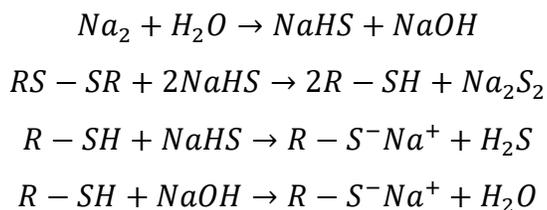
$$M_{Total} = 126,560g - 2\%$$

$$M_{Total} = 124,020g$$

### Etapa de la Hidrolisis.



### Reacciones químicas.

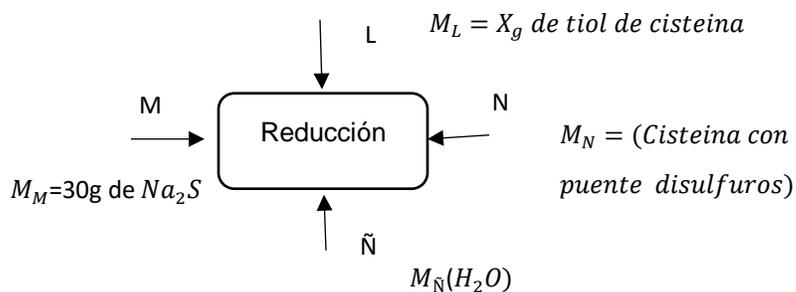


Masa inicial es de **124,020g** de cuernos y pezuñas

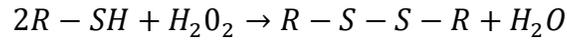
Balance total:  $M_I + M_J = M_K + M_L$

Balance del Tiol de Cisteína:  $M_K = M_I + M_J - M_L$

### Etapa de Oxidación



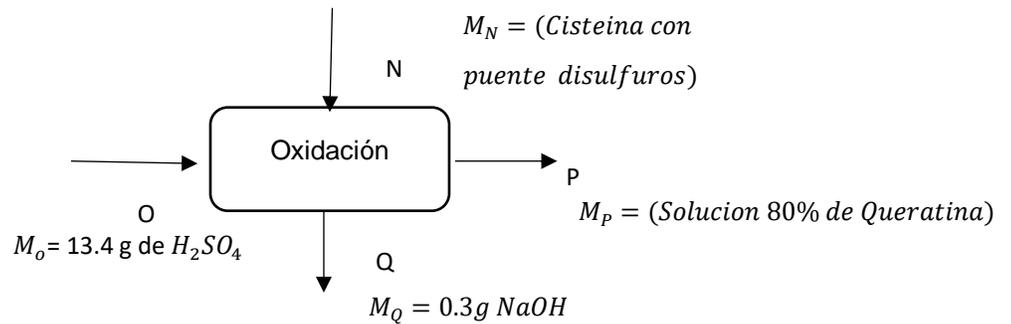
Reacciones químicas.



Balance Total de Masa:  $M_L + M_M = M_N M_{\tilde{N}}$

Balance de Cisteína:  $M_N = M_L + M_M - M_{\tilde{N}}$

**Etapas de Acidificación-Neutralización.**



Balance de queratina:

$$M_N + M_o + M_Q = 0.70 \times M_p$$

Datos de L a  $g/cm^3$

$$v : 360L$$

$$\rho : 1.17 \text{ g/cm}^3$$

$$m : \rho * v$$

$$m : 1.17 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 360 \text{ L} * 1000\text{g}$$

$$m : 421,200 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

La densidad de la queratina es basada por la queratina comercial la cual está en un promedio de 1.15 a 1.20  $g/cm^3$ .

## 9.4 Fichas Técnicas de Equipos

<b>Tanque</b>		
<b>Construido por:</b> Rotoplas	<b>Fecha de elaboración:</b> 2021	<b>Aprobado por:</b> N/A
<b>Descripción física</b>	<b>Material:</b> PELBD (polietileno lineal de baja densidad) <b>Capacidad:</b> 450L <b>Diámetro:</b> 0.85m <b>Altura:</b> 0.99m	
<b>Modelo</b>		
<b>Especificaciones técnicas</b>  Incluye tapa con arillo de 18", válvula con flotador 3/4", multiconector con Válvula y filtro de cartucho.	<b>Equipo</b> 	
<b>Características de uso</b> Colocarlo en una superficie plana, verificar que la bomba funcione correctamente.		
<b>Función</b> El filtro Hydro-Net retiene tierra y sedimentos, brindando un líquido limpia y transparente. Cuenta con una exclusiva capa antibacterial con tecnología Expel que inhibe la reproducción de bacterias, manteniendo el agua más limpia		
<b>Mantenimiento</b> Lavado semanal para evitar la proliferación de bacterias y asentamiento de tierra. Garantía de 2 años.		

<b>Horno de Secado</b>		
<b>Construido por:</b> Hongjin Testing Instrument Company	<b>Fecha de elaboración:</b> 2020	<b>Aprobado por:</b> N/A

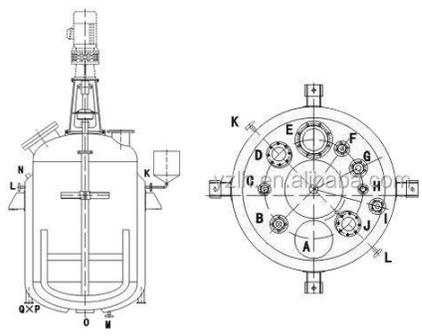
<b>Descripción física</b>	<p><b>Material:</b> Tanque interno de acero inoxidable</p> <p><b>Dimensiones:</b> 500*600*800mm</p> <p><b>Poder:</b> 300W/1400W/2000W</p> <p><b>Tasa de Calentamiento:</b> 100 °C alrededor de 15 minutos</p> <p><b>Voltaje:</b> 200v/50Hz</p>
<b>Modelo</b>	HJ-240
<p><b>Especificaciones técnicas</b></p> <p>Sistema de protección contra sobrecalentamiento</p> <p>Protección de circuito.</p> <p>Tubo de calentamiento resistente a altas temperaturas.</p>	<p><b>Equipo</b></p> 
<b>Características de uso</b>	Se utiliza para probar el rendimiento de piezas y materiales a través de su método de secado circular bajo indicadores de alta temperatura y cambios de temperatura constantes.
<b>Función</b>	Horno de aire caliente con grabadora de temperatura y secado circulante de aire caliente.
<b>Mantenimiento</b>	Automatización y calibración continuo. Garantía de 1 año.

<b>Trituradora</b>		
<b>Construido por:</b> Zhengzhou Runxiang Machinery Equipment, Co., Ltd	<b>Fecha de elaboración:</b> 2019	<b>Aprobado por:</b> N/A

<b>Descripción física</b>	<b>Material:</b> Acero inoxidable <b>Dimensiones:</b> 1080*820*1330 <b>Tamaño de alimentador:</b> 380*250mm <b>Poder:</b> 7.5 Kw <b>Capacidad:</b> 150-400Kg <b>Peso:</b> 342Kg
<b>Modelo</b>	WSSG-400
<b>Especificaciones técnicas</b>  <p>La trituradora de huesos es de garra de alta eficiencia, equipada con alta fuerza de cizallamiento, cuchillas de alta calidad y duraderas con un tratamiento térmico especial. Al mismo tiempo, las cuchillas también son flexibles y ajustables.</p> <p>La tolva ha sido hecha para evitar el ruido; por lo tanto, la maquina es silenciosa y efectiva cuando está en funcionamiento. Con dispositivo de protección contra sobrecargas eléctricas para proteger al operario.</p>	<b>Equipo</b>  
<b>Características de uso</b>	Maquinaria de procesamiento de carne, particularmente adecuado para huesos de animales largos como de reses u otro material duro.
<b>Función</b>	Trituradora de hueso y carne de reses y aves de corral.
<b>Mantenimiento</b>	Fácil funcionamiento y mantenimiento, lavado diario. Garantía de 1 año.

## Reactor Batch

<b>Construido por:</b> Yangzhou Lianhe Chemical Machinery Co	<b>Fecha de elaboración:</b> 2017	<b>Aprobado por:</b> N/A
--	--------------------------------------	-----------------------------

<b>Descripción física</b>	<b>Material:</b> Acero Inoxidable <b>Dimensiones:</b> 1200mmx1000mm <b>Poder:</b> 4 KW <b>Velocidad de rotación</b> 85 r/min <b>Capacidad:</b> 1000L
<b>Modelo</b>	LH-1000L
<b>Especificaciones técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>resistencia a la corrosión</li> <li>Resistencia a altas temperaturas.</li> <li>No contamina el ambiente.</li> </ul>	
<b>Características de uso</b> Reactor químico industrial con alta eficiencia para uso en las siguientes industrias como son: Farmacéutica, cosmética.	
<b>Función</b> El reactor es cargado mediante dos orificios de la parte superior del tanque. Cuando la reacción se está llevando a cabo, ningún compuesto ingresa o sale del reactor hasta que la reacción culmine.	

<b>Báscula Industrial</b>		
<b>Construido por:</b> BasculasNoval	<b>Fecha de elaboración:</b> 2021	<b>Aprobado por:</b> N/A

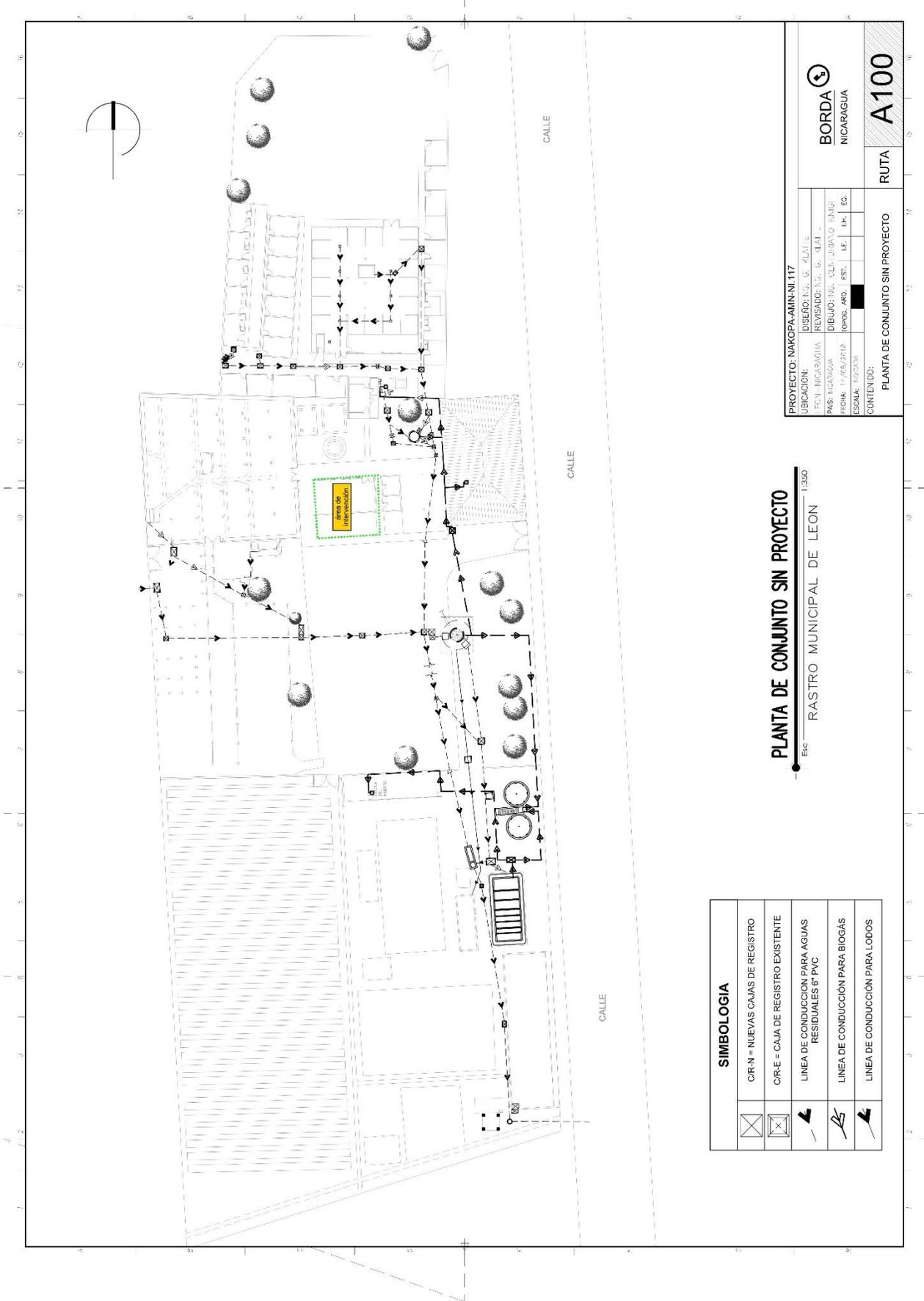
<b>Descripción física</b>	<p><b>Material:</b> Acero al carbón con pintura electrostática</p> <p><b>Dimensiones:</b> 50 cm de frente * 62cm lateral, 97cm altura.</p> <p><b>Peso:</b> 13.8kg</p>
<b>Modelo</b>	Industrial
<p><b>Especificaciones técnicas</b></p> <p>Báscula de plataforma que contiene una pantalla LED triple display. Cuenta con una estructura y un módulo indicador en acero inoxidable, así como un poste abatible, lo que la hace totalmente portátil.</p>	<p><b>Equipo</b></p> 
<b>Características de uso</b>	El equipo es totalmente móvil dado que posee ruedas y cuenta con una capacidad de 300kg.
<b>Función</b>	Equipo industrial destacado por su precisión y funcionalidad en ambientes donde el pesaje involucra grandes volúmenes.
<b>Mantenimiento</b>	Automatización y calibración continuos para contar con mayor producción durante la cadena automática. Garantía de 1 año.

<b>Barriles Elanillado</b>		
----------------------------	--	--

<b>Construido por:</b> Casa del tanque	<b>Fecha de elaboración:</b> 2022	<b>Aprobado por:</b> N/A
---	--------------------------------------	-----------------------------

<b>Descripción física</b>	<b>Material:</b> Polietileno de alta densidad <b>Dimensiones:</b> 890±5 <b>Diámetro:</b> 605±5% <b>Capacidad:</b> 221,000 ± 2,000 ml
<b>Modelo</b>	Barriles Elanillado
<b>Especificaciones técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Resistente para almacenar productos químicos.</li> <li>➤ Es reutilizable.</li> <li>➤ Es de alta densidad de polietileno.</li> <li>➤ Su gran capacidad y diversos acabados provocan un método más sencillo para transportar sustancias peligrosas.</li> </ul>	
<b>Características de uso</b> Es un buen almacenador para sustancias líquidas y sólidas.	
<b>Función</b> Fabricados en polietileno 100% virgen y aptos para almacenar productos para consumo humano o químicos.	

# 9.5 Plano de Conjunto sin Proyecto



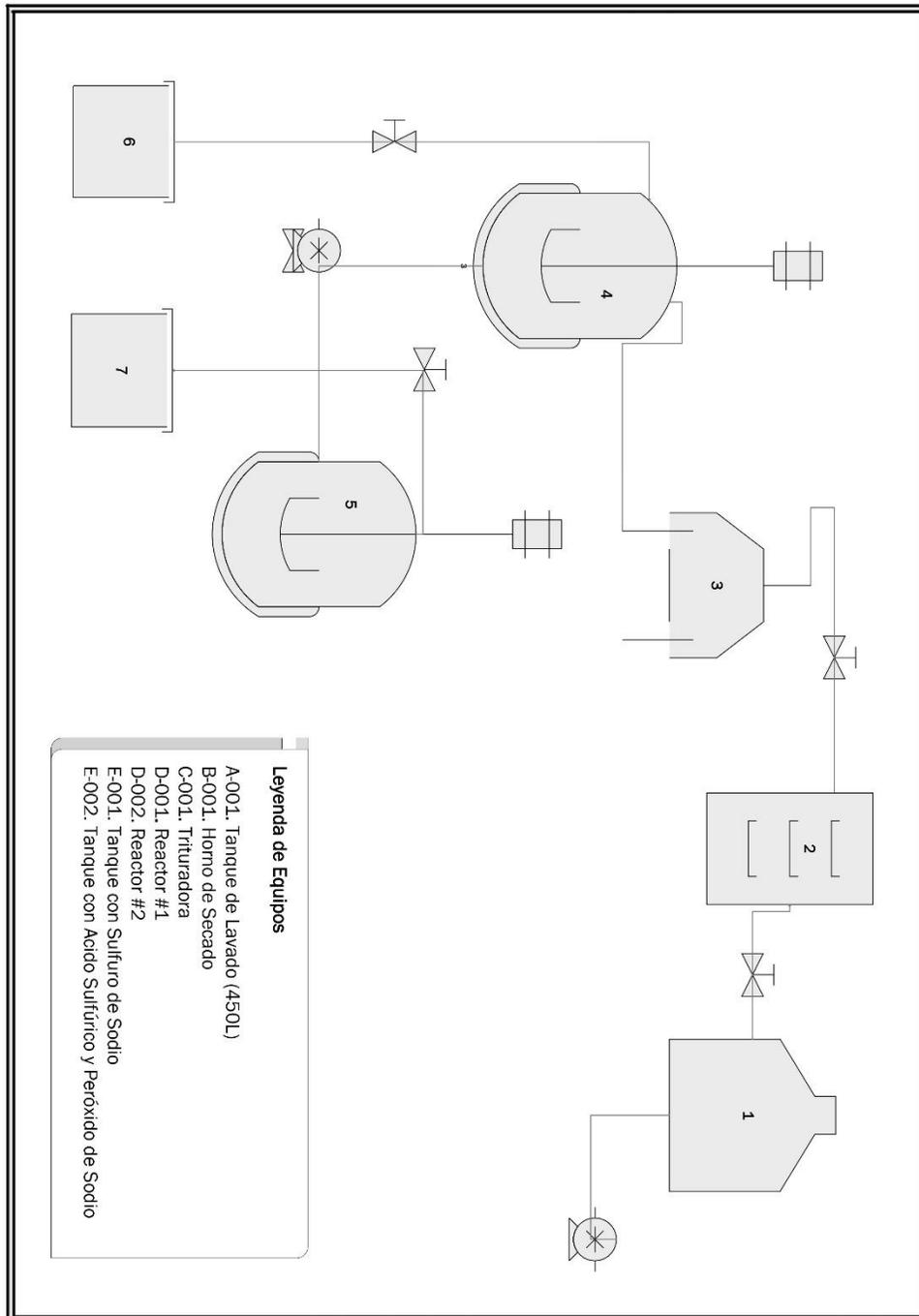
SIMBOLOGIA	
	C/R-N = NUEVAS CAJAS DE REGISTRO
	C/R-E = CAJA DE REGISTRO EXISTENTE
	LINEA DE CONDUCCIÓN PARA AGUAS RESIDUALES 6" PVC
	LINEA DE CONDUCCIÓN PARA BIOGÁS
	LINEA DE CONDUCCIÓN PARA Lodos

**PLANTA DE CONJUNTO SIN PROYECTO**  
 Esc. RASTRO MUNICIPAL DE LEON 1:320

PROYECTO: NAKOPA-AMN-NI 117		DISEÑO: G. ALAÍE	
UBICACIÓN: EST. NICARAGUA		REVISADO: G. ALAÍE	
PAÍS: NICARAGUA		DIBUJÓ: G. ALAÍE	
FECHA: 17/05/2019		TOPOG. ARG. EST. LEI. ED.	
ESCALA: 1:320		CONTENIDO:	
PLANTA DE CONJUNTO SIN PROYECTO		RUTA	
		A100	
		BORDA NICARAGUA	



## 9.7 Plano de equipos de la Línea de Producción



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b>		
Título: Línea de Producción de Queratina Cosmética.		
Elaboró: Br. Valeria Gabriela Mayorga Reyes. Br. Jireth Kathryn Mojica López.	Ubicación del Proyecto: Rastro Municipal de la ciudad de León	
Revisó y aprobó: Ing. Francisco Darío Canelo García	03/06/2023	

## 9.8 Cotizaciones de reactivos y equipos

### CAM INTERNATIONAL

SANCHEZ Y MARTINEZ, S. A  
 UNA SOLA EMPRESA, CON MUCHAS SOLUCIONES!  
 RUC No. J0310000153612

Tel. No. 2270 - 7055 / 2270-5828  
 Cel. No. 8883-5714 / 8380-9927  
 Fax No. 2270 - 7054  
 E-mail: cammia@aol.com  
 Plaza El Sol, 4½ C. al Sur  
 Colonial Los Robles  
 Managua, Nicaragua

Fecha: 16 DE MARZO 2023		<b>Proforma No. 23-0920</b>				
Cliente: COMERCIALIZADORA Y RECICLADORA JIRETH						
Contacto: VALERIA MAYORGA		Cargo:				
Teléfono (s):	E-mail: <a href="mailto:val_mayo002@outlook.com">val_mayo002@outlook.com</a>	Ref del Cliente: EMAIL: MARZ-2023				
Vendor: Cristina Roda	Tiempo Entrega: ENTREGA INMEDIATA-SUJETO A PREVIA VENTA	Validez Días: 15 DÍAS				
Moneda de pago: DÓLARES O CORDOBAS A LA TASA DE CAMBIO (VENTA) DEL SISTEMA FINANCIERO (BAC)		Forma de Pago: ORDEN DE COMPRA - PREPAGADO				
Item	Code	Description	Qty	U/M	P. Unit.	P. Total
1		HIPOCLORITO DE SODIO (NO OFERTADO)	1		C\$ -	C\$ -
2	H325 500	PEROXIDO DE HIDROGENO 30%, ACS, 500ML	1	EA	C\$ 1,249.50	C\$ 1,249.50
3		SULFURO DE SODIO (NO OFERTADO)			C\$ -	C\$ -
4	A300C 212	ACIDO SULFURICO, GRADO ACS PLUS, 2.5L REQUIERE CONSTANCIA DE CONSUMIDOR DE SUSTANCIAS PRECURSORAS	1	EA	C\$ 1,951.44	C\$ 1,951.44
					<b>Sub Total C\$</b>	<b>C\$ 3,200.94</b>
					15 % - I.V.A.	C\$ 480.14
					<b>Total C\$</b>	<b>C\$ 3,681.08</b>

\_\_\_\_\_  
 Claudia Sánchez Martínez  
 Gerente General

Nombre del Firmante: \_\_\_\_\_ Firma: \_\_\_\_\_  
 Cédula No.: \_\_\_\_\_  
 Cargo: \_\_\_\_\_

## Tanque Garantía de por vida

### Especificaciones técnicas

- Material fabricado con PE LBD (polietileno lineal de baja densidad) de color beige por fuera y blanco por dentro.
- Capacidades desde 450 L hasta 2 500 L que incluyen tapa con arillo de 18", Válvula con Flotador de 3/4", Multiconector con Válvula y Filtro con Cartucho.

### Capacidades

Tanques Garantía de por vida			
Capacidad (L)	Diámetro (m)	Altura (m)	Abastecimiento (personas)
450	0.85	0.99	2
750	1.10	1.02	4
1100	1.10	1.40	5
2.500	1.55	1.60	10

Tanques Garantía de por vida Horizontal				
Capacidad (L)	Largo (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Abastecimiento (personas)
1100	1.30	1.21	1.14	5



### Accesorios que equipan a un Tanque Garantía de por vida

1. Válvula de Llenado tipo Sin Fin.
2. Multiconector con Válvula Esfera y Tuerca Unión.
3. Flotador No. 5.
4. Jarro de Aire.
5. Filtro Estándar.



**5** Años de garantía Rotoplas en Accesorios

**3** Años de garantía Rotoplas en Filtro

### 9.9 Área disponible para instalación de la planta





## 9.10 Pruebas de Laboratorio para determinación de propiedades físicas





