



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

“CURTICIÓN INORGÁNICA DE PIELES BOVINAS UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE SOL DE SÍLICE PARA CUERO DE CALZADO”

ANITA VALERIA NARVÁEZ GUAMÁN

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA QUÍMICA APLICADA

Riobamba – Ecuador

Septiembre 2020

©2020, Anita Valeria Narváez Guamán

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado **“CURTICIÓN INORGÁNICA DE PIELS BOVINAS UTILIZANDO DIFERENTES NIVELES DE SOL DE SÍLICE PARA CUERO DE CALZADO.”** de responsabilidad de la Sra Anita Valeria Narváz Guamán, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Juan Carlos González García, PhD.
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro, PhD.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. Mabel Mariela Parada Rivera, Mag.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Karina Gabriela Salazar Llangari, Mag.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Riobamba, Septiembre del 2020

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Anita Valeria Narváez Guamán, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo** y que el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anita Narváez', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

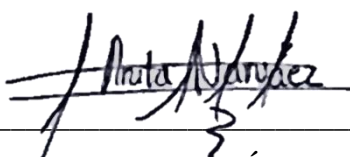
ANITA VALERIA NÁRVÁEZ GUAMÁN

CI: 060518692-3

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Anita Valeria Narváez Guamán, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Anita Narváez', written over a horizontal line.

ANITA VALERIA NARVÁEZ GUAMÁN

CI: 060518692-3

DEDICATORIA

En especial a mi Padre Celestial por siempre ser mi guía y luz constante para la toma de mis decisiones y así poder cumplir mis metas, sueños e ideales permitiéndome crecer temporalmente y saber que soy una hija especial de él y con la suficiente capacidad de alcanzar todo lo que me propongo.

A mi esposo Alex Salazar y mis hijos Jostin y Aytana por su paciencia, amor, esfuerzo, paciencia y sacrificio que me han compartido hoy y siempre, por ser esa parte importante en mi vida sin ustedes no hubiese tenido sentido mi vida y además de poder continuar con todas mis meta, porque son mi motivo y razón de seguir perseverando y alcanzando muchos logros para nuestra hermosa y bendecida familia los amo con todo mi corazón, son la mejor bendición de mi vida por ustedes es todo esto mis amores.

A mi madre ser ese ejemplo de perseverancia y lucha constante y que a pesar de tantos obstáculos y calamidades que se nos presenta en la vida todos tenemos la capacidad suficiente para salir adelante y lograr lo que nos proponemos.

A todas las personas que de una u otra manera me han motivado y me siguen motivando a cumplir esta y muchas metas propuestas y verlos realizados mis sueños profesionales y espirituales.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi Padre Celestial por permitirme estar en esta tierra y poder crecer temporalmente y ser esa luz y guía constante y llegar hacer todo lo que él quiere que llegue a ser por darme la sabiduría para poder alcanzar mis metas.

A mi hermosa y bendecida familia Alex, Jostin y Aytana quienes son más que un motivo y una razón para inspirarme y poder progresar profesionalmente sin su amor, sacrificio y paciencia no hubiese podido culminar con éxito esta investigación.

Agradezco a mi director de tesis Ing. Cesar Puente, PhD quien, con su gran experiencia, conocimiento y orientación pude culminar este trabajo de investigación con éxito y así obtener el título de Magister.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xvi
SUMMARY.....	xvii

CAPÍTULO I

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Planteamiento del problema.....	1
1.2.	Situación problemática.....	2
1.3.	Formulación del problema.....	3
<i>1.3.1</i>	<i>Preguntas directrices.....</i>	<i>4</i>
1.4.	Justificación.....	4
<i>1.4.1.</i>	<i>Justificación Teórica.....</i>	<i>4</i>
<i>1.4.2.</i>	<i>Justificación metodológica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.4.3.</i>	<i>Justificación Práctica.....</i>	<i>6</i>
1.5.	Objetivos de la investigación.....	7
<i>1.5.1.</i>	<i>Objetivo general.....</i>	<i>7</i>
<i>1.5.2.</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>7</i>
<i>1.5.3.</i>	<i>Hipótesis.....</i>	<i>7</i>

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	9
2.1.	Antecedentes del problema.....	9
2.2.	Bases Teóricas.....	9
<i>2.2.1.</i>	<i>La piel.....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.2.</i>	<i>Pieles bovinas.....</i>	<i>10</i>
<i>2.2.3.</i>	<i>Química de la piel bovina.....</i>	<i>11</i>
2.3.	Proceso de curtición.....	13
<i>2.3.1.</i>	<i>Materia prima para la curtición.....</i>	<i>14</i>
2.4.	Etapas previas a la curtición.....	14
<i>2.4.1.</i>	<i>Remojo.....</i>	<i>14</i>
<i>2.4.2.</i>	<i>Pelambre y calero.....</i>	<i>15</i>
<i>2.4.3.</i>	<i>Descarnado.....</i>	<i>15</i>
<i>2.4.4.</i>	<i>Dividido.....</i>	<i>16</i>
<i>2.4.5.</i>	<i>Desencalado.....</i>	<i>16</i>

2.4.6.	<i>Rendido</i>	17
2.4.7.	Piquelado	17
2.4.8.	<i>Curtición</i>	17
2.5.	Silicatos	19
2.5.1.	<i>Formulación de Sol de Sílice</i>	20
2.6.	Acabado del cuero	21
2.7.	Marco Conceptual	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	<i>Tipo y diseño de investigación</i>	24
3.1.1.	<i>Método de investigación</i>	24
3.2.	Enfoque de la investigación	25
3.3.	Identificación de las variables	25
3.3.1.	<i>Variable independiente</i>	25
3.3.2.	<i>Variables dependientes</i>	25
3.3.3.	<i>Operacionalización de las variables</i>	25
3.4.	Diseño de a Investigación	29
3.5.	Población y muestra de estudio	30
3.6.	Unidad de análisis	30
3.7.	Selección de la muestra	30
3.8.	Tamaño de la muestra	31
3.9.	Técnicas de recolección de datos	31
3.10.	Tratamiento y diseño experimental	31
3.11.	Diagrama del proceso de curtición	33
3.12.	Procedimiento Experimental	34
3.12.1.	<i>Remojo, pelambre y calero</i>	34
3.12.2.	<i>Desencalado, rendido y piquelado</i>	34
3.12.3.	Curtido	35
3.12.3.1.	<i>Preparación del sol de sílice</i>	35
3.12.3.2.	<i>Curtición con Sol de Sílice</i>	36
3.12.4.	<i>Neutralizado y recurtido</i>	36
3.12.5.	<i>Tintura y engrase</i>	37
3.12.6.	<i>Secado, estacado y recortado</i>	37
3.12.7.	<i>Operaciones de acabado</i>	38
3.13.	Resistencias Físicas	38

3.13.1.	<i>Resistencias a la tensión</i>	39
3.13.2.	<i>Porcentaje de elongación</i>	41
3.13.3.	<i>Lastometria</i>	41
3.14.	<i>Análisis sensorial</i>	42

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.12.	Evaluación de las resistencias físicas de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado ..44	
4.12.1.	<i>Resistencia a la tensión, N/ cm²</i>	44
4.12.2.	<i>Porcentaje de elongación, %</i>	47
4.12.3.	<i>Lastometria, milímetros</i>	49
4.12.4.	<i>Temperatura de contracción</i>	50
4.13.	Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado ..51	
4.13.1.	<i>Llenura, puntos</i>	51
4.13.2.	<i>Blandura, puntos</i>	54
4.13.3.	<i>Soltura de flor, puntos</i>	56
4.14.	Balance de masa de la curtición con sol de sílice	57
4.14.1.	<i>Obtención del sol de sílice</i>	57
4.14.2.	<i>Balance de masa en la curtición de las pieles</i>	59
4.15.	Comprobación de hipótesis	62
4.15.1.	<i>Hipótesis general</i>	62
4.15.2.	<i>Hipótesis Alternativa 1</i>	63
4.15.3.	<i>Hipótesis específica 2</i>	64
4.16.	Evaluación económica de los cueros bovinos terminados	65
4.17.	Relación beneficio costo	68
	CONCLUSIONES	70
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Composición química aproximada de la piel bovina recién desarrollada.....	12
Tabla 2-2: Cadenas de aminoácidos no polares presentes en el colágeno.....	12
Tabla 1-3: Operacionalización de las variables	26
Tabla 2-3: Matriz de consistencia	27
Tabla 3-3: Esquema del experimento.....	32
Tabla 4-3: Esquema del ADEVA	32
Tabla 5-3: Características del sol de sílice.	35
Tabla 6-3: Cálculos de medición de la resistencia a la tensión.....	40
Tabla 1-4: Evaluación de las resistencias físicas de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado. ...	44
Tabla 2-4: Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado	52
Tabla 3-4: Costos de producción de los cueros bovinos terminados curtidos con sol de sílice..	66
Tabla 4-4: Costos de producción de cueros terminados a base de sulfato de cromo en el proceso de curtición.	67
Tabla 5-4: Evaluación de la relación beneficio costo del cuero bovino curtido con diferentes niveles de sol de sílice	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Partes de la piel bovina	10
Figura 2-2: Proceso de curtido y acabado del cuero	18
Figura 3-2: Esquema de la disposición espacial de los cationes y aniones	20
Figura 1-3: Ilustración del diseño de la investigación	29
Figura 2-3: Diagrama del proceso de curtición.	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Regresión de la resistencia a la tensión de la curtición inorgánica con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado	46
Gráfico 2-4:	Porcentaje de elongación de la curtición inorgánica de pieles bovinas con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado.	47
Gráfico 3-4:	Comportamiento de la lastimetría de la curtición inorgánica de pieles bovinas con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado.	49
Gráfico 4-4:	Análisis de temperatura de contracción de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado .	51
Gráfico 5-4:	Regresión de la llenura de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado	53
Gráfico 6-4:	Regresión de la blandura de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado	55
Gráfico 7-4:	Regresión de la soltura de flor de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado	57

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-3: Partes de un equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión el cuero.	39
Fotografía 2-3: Ilustración del equipo para medir la Lastometria del cuero.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Descripción del proceso de pelambre de las pieles bovinas

ANEXO B: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 9% de sol de sílice.

ANEXO C: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 12% de sol de sílice.

ANEXO D: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 15% de sol de sílice.

ANEXO E: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 18% de sol de sílice.

ANEXO F: Descripción del proceso de recurtición y neutralización de las pieles bovinas con sol de sílice.

ANEXO G: Descripción del proceso de acabado de las pieles bovinas con sol de sílice.

ANEXO H: Resultados de análisis físico – mecánicos de los cueros bovinos terminados.

ANEXO I: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 9% de Sol de Sílice.

ANEXO J: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 12% de Sol de Sílice.

ANEXO K: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 15% de Sol de Sílice.

ANEXO L: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 18% de Sol de Sílice.

ANEXO M: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 9% de sol de sílice.

ANEXO N: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 12% de sol de sílice.

ANEXO O: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 15% de sol de sílice.

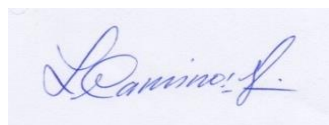
ANEXO P: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 18% de sol de sílice.

ANEXO Q: Hoja Técnica del agente curtiente: silicato de sodio.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue realizar una curtición inorgánica a pieles bovinas utilizando diferentes niveles de sol de sílice (9,12,15 y 18 %) para cueros de calzado, fue una investigación de tipo experimental debido a que se trabajó con variables controladas como fueron la concentración de sol sílice, y dependientes como físico, mecánicas, sensoriales y temperatura de contracción para valorar la calidad del cuero. El número de unidades experimentales fue de 20 bandas en total, es decir 5 bandas por tratamiento. Los resultados indican que la concentración óptima de sol de sílice utilizada en la curtición de pieles bovinas fue el 18 % (T4), puesto que se consigue el fortalecimiento del entretejido fibrilar para que no se rompa ni se deteriore al aplicar las diferentes fuerzas que simulan el momento de la confección del artículo final. Las pruebas físicas del cuero determinaron la mayor resistencia a la tensión (2342.14 N/cm²) porcentaje de elongación (91.50) %, y lastometría (10.08 mm), al utilizar el 18 % de sol de sílice y que superan ampliamente las exigencias de calidad de los organismos reguladores. Resultados similares se presentan para las calificaciones sensoriales de llenura (4.80 puntos), blandura, (4.80 puntos) y soltura de flor, (4.60 puntos), puesto que la mayores puntuaciones se consiguen con el nivel indicado (18 %) y la calificación fue de excelente . Los costos de producción por dm² de cuero terminado curtido con sales de cromo es menor ya que presenta un valor de 0.16 USD /dm² comparado con el curtido con sol de sílice que fue de 0.18. Sin embargo, la relación beneficio costo fue mayor puesto que se consigue valores de 1.31 es decir una utilidad del 31 %. Es recomendable el uso del curtiente sol de sílice puesto que la transformación de la piel en cuero es más amigable con el ambiente además presenta mayores prestaciones físicas y calificaciones sensoriales es decir una materia prima de calidad, se puede replicar la presente investigación utilizando el nivel adecuado de sol de sílice (18 %), pero en otras pieles de interés zootécnico.

Palabras Claves: <CUERO BOVINO>, <CUEROS LIBRES DE CROMO>, < SOL DE SÍLICE>, <CURTICIÓN>.



26-08-2020

0263-DBRAI-UPT-2020

SUMMARY

This work's objective was to carry out inorganic tanning to bovine hides using different levels of silica sol (9,12,15 and 18%) for shoe leather. It was an experimental type investigation because to work with it, the use of controlled variables such as the concentration of silica sol and dependent such as physical, mechanical, sensory, and shrinkage temperature to assess the leather's quality was necessary. The number of experimental units was 20 bands in total, that is, five bands per treatment. The results indicate that the optimum concentration of silica sol used in the tanning of bovine hides was 18% (T4) since the strengthening of the fibrillar fabric is achieved not to break or deteriorate when applying the different forces that simulate the time of making the final article. The physical tests of the leather determined the highest tensile strength (2342.14 N / cm²) elongation percentage (91.50) %, and astrometry (10.08 mm), when using 18% of silica sol and that they widely exceed the requirements of quality of regulatory bodies. The sensory ratings of fullness showed similar results (4.80 points), softness (4.80 points), and looseness of grain, (4.60 points) since the achieved highest scores indicated the level (18%) and the rating was excellent. The production costs per dm² of finished leather tanned with chrome salts are lower since it presents a value of 0.16 USD / dm² compared to the tan with silica sol, which was 0.18. However, the benefit-cost ratio was higher since the values' result was 1.31, equal to a profit of 31%. The recommendation is to use the silica sol tanning agent since the skin's transformation into leather is more environmentally friendly. Besides, it also presents more excellent physical performance and sensory qualifications, that is, a quality raw material, the present investigation can be replicated using the appropriate level silica sol (18%), but in other skins of zootechnical interest.

Keywords: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, <BOVINE LEATHER>, <CHROME FREE LEATHERS>, <SILICA SOL>, < TANNING PROCESS>.

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Una curtiembre o tenería es un lugar donde se realiza el curtido, proceso que convierte las pieles elementos putrescibles de los animales en cuero, que podrá ser utilizado por un tiempo muy prologado, pero tiene sus inconvenientes ambientales pues genera un sin número de residuos de alta contaminación sobre todo los provenientes del curtido con cromo. La importancia de realizar la presente investigación radica en que la producción de las industrias curtiembres traslada secuelas de contaminación que afectan directamente el cauce de los ríos.

Los cueros procesados por las curtiembres son utilizados para varios fines, como por ejemplo el calzado, la marroquinería, vestimenta la tapicería, entre otros. Los desechos que producen las curtiembres en el proceso de curtido se denominan Residuos Industriales Líquidos, (RILES), o agua residual, que deben recibir un tratamiento muchas veces sumamente costoso como es el de una planta de tratamiento de aguas, puesto que la mayoría de esas industrias curten el cuero al cromo, es decir con elementos químicos que van a parar al río o a las alcantarillas.

Por ese motivo las investigaciones en el campo del curtido de pieles se han centrado en la búsqueda de alternativas que consigan disminuir la contaminación para cuidar el ambiente y heredar a las futura generaciones de un planeta más limpio entre la cuales se puede nombrar procesos con alto agotamiento del cromo, técnicas de curtición exceptas de cromo que utilizan extracto vegetales o la estudiada en la investigación como es la sustitución del cromo por otro elementos menos contaminante como es el sol de sílice que es un compuesto inorgánico con características similares al cromo.

En un informe publicado por Greenpeace basado en un estudio de la UNEP (programa del cuidado del medio ambiente de las Naciones Unidas) manifiesta que: Las curtiembres son un ejemplo de industrias con alto potencial de impacto ambiental y sobre la seguridad laboral, también es un problema por las múltiples enfermedades que pueden suceder en el desempeño de sus funciones, provocando no solo a su persona sino también a su entorno familiar.

Por lo tanto, es necesario proponer una alternativa de cambio de agentes curtientes en la etapa de curtido, que sean libres de cromo, es decir compuestos amigables con el medio ambiente.

El sol de sílice es también conocido por hidrosol de sílice, es una solución coloidal de alta hidratación molecular de partículas de sílice dispersas en agua, al ser las partículas de Sílica sol transparente no afectan al color natural de los materiales a ser cubierto, o transformados como es la piel consiguiendo un wet - white ideal para absorber después de la curtición hasta las más complicadas tonalidades.

Los cueros que son curtidos con compuestos de silicio, su color blanco es característico de ser curtido con un compuesto de silicio además la totalidad de su curtición, pero normalmente tienen insuficiente resistencia al desgarre y la tracción pero puede ser solucionado pero en el recurtido se puede adicionar con un recurtiente más fuerte como es el aluminio para reforzar el curtimiento y evitar descurticiones puesto que el sílice ofrece una excelente dispersión y penetración cuando se mezcla con otros materiales, esto es debido a su baja viscosidad.

1.2. Situación problemática

La curtición es un proceso que resulta altamente contaminante para el ambiente debido a que utiliza como producto de uso común el cromo III, que aumenta la carga contaminante de los residuos líquidos de una curtiembre que muchas veces es derramada hacia cuerpos de agua dulce terminando con los suelos agrícolas o ríos que tienen su flora y fauna endémica o de consumo humano, produciendo una contaminación cruzada muy nociva no solo para las personas que forman parte del ecosistema de una curtiembre sino de los animales y las plantas.

Por eso cuando se realiza una observación minuciosa del ambiente que rodea a una planta transformadora de piel en cuero se aprecia terrenos erosionados, puesto que los residuos llamados raspados suelen ser eliminados inclusive en cultivos que provocan su muerte y por ende la destrucción de la capa arable aguas bastante turbias y sobre todo a las personas con problemas respiratorios o de piel; ya que, el cromo no es fácil de tratarlo pese a disponer de técnicas de alto agotamiento de este producto, .

Se conoce que, desde el comienzo de la humanidad a la época contemporánea, la curtición era una práctica que se ha desarrollado elocuentemente debido al avance tecnológico de las demás industrias, alcanzando así que, el proceso de la curtición sea una práctica tecnificada e industrializada, ya que se usa insumos minerales o sintéticos de características operativas óptimas, de esta manera consiguiendo, producciones de cuero a gran escala. Por todos estos motivos las industrias de la curtiembre han dejado completamente las prácticas artesanales y reemplazando el uso de insumos de origen vegetal o inorgánicos.

1.3. Formulación del problema

En Ecuador se vive una problemática de contaminación ambiental, que radica en gran parte a las industrias mineras, metalúrgicas, cementeras, petroleras, químicas, textiles, de curtición, entre otras; esto se debe a que en la mayoría de los casos no hay un control adecuado sobre la disposición final de sus residuos, sobre todo los provenientes de la etapa del curtido que en la mayoría de los casos se los realiza con cromo.

El mundo de los cueros y de la curtiembre, es rico de conocimientos que van de tradición histórica a la ciencia, y química. La calidad de los cueros depende de la raza, del sexo y del tipo de vida del animal, a la edad, y donde ha vivido, la temperatura del ambiente, que lo circunda, al modo de vida que ha sido sometido y también al tipo de alimentación. Todos estos factores determinan la calidad y la estructura del cuero.

En el entorno mundial se reconoce que la industria de transformación de piel en cuero es altamente contaminante, ya que provoca degradación ambiental de carácter irreversible y consecuencias que disminuyen la calidad de vida de la población que reside en el entorno, así como la pérdida de fauna y flora endémica, violando el derecho del buen vivir en el que se busca que todas las actividades industriales sean lo más amigables con el ambiente.

Los compuestos de cromo que son utilizados en el proceso de transformación de piel a cuero significan una amenaza muy significativa al ambiente y al hombre debido a los efectos nocivos que trae por la utilización de este compuesto y que se manifiestan principalmente por intoxicaciones, lesiones renales, gastrointestinales, problemas muy fuertes en el hígado, en los riñones, de la glándula tiroides y la médula ósea, puesto que la velocidad corporal de eliminación de este elemento químico es muy lenta.

Las industrias de curtiduría de pieles utilizan sales de cromo en sus procesos, que generan cantidades de efluentes líquidos con alto contenido de este metal, el cual, debe ser removido a fin de cumplir con la legislación ambiental, puesto que de acuerdo a las normas emitidas por este organismo regular existen contenidos mínimos que debe ser respetados sin embargo es muy difícil cumplir con estos estándares sino se utilizan técnicas de remediación como es el cambio de curtientes, especialmente de sol de sílice que produce cueros más suaves, blancos y de buenas prestaciones para ser utilizadas en la elaboración de diferentes artículos .

1.3.1 Preguntas directrices

1.3.1.1. Pregunta principal

¿El sol de sílice a diferentes niveles, logrará curtir las pieles bovinas y cumplir con las normativas de calidad y costos de producción para cuero de calzado?

1.3.1.2. Preguntas Específicas

- ¿Al realizar la curtición inorgánica en pieles bovinas a los diferentes niveles de sol de sílice (9,12, 15 y 18%) planteados se podrá obtener un producto final que cumpla con todas las especificaciones de calidad de los cueros para calzado?
- ¿Cuál será la concentración ideal de sol de sílice para la curtición de pieles bovinas que cumpla las normativas vigentes de calidad del cuero para calzado?
- ¿Qué resultados se obtendrá al realizar las pruebas físico-mecánicas, sensoriales y temperatura de contracción al curtir las pieles bovinas utilizando diferentes concentraciones de sol de sílice?
- ¿Es económica viable en la industria del cuero sustituir el curtido convencional por el sol de sílice?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

El aumento de producción a grandes volúmenes que ha experimentado la industria de producción del cuero ha sido de impacto negativo al ambiente debido a que se basa en el uso de las sales de cromo III como insumo. Siendo este agente curtiente de carácter inorgánico, y su amplia aceptación dentro del proceso de curtición por su amplia y gran afinidad química con las proteínas de la estructura fibrilar de la piel, con una efectiva fijación y estabilidad muy apreciada.

No obstante, su estabilidad química genera un problema ambiental dentro de los vertidos de aguas residuales, porque sus subproductos son eliminados al entorno de forma directa, los que mismos que se acumulan dentro de los ecosistemas durante largos periodos de tiempo, que inclusive perdura al ser eliminados a los botaderos los artículos confeccionados por lo tanto es necesario un tratamiento no solo de las aguas residuales para agotar el cromo sino también de los diversos artículos confeccionados al terminar su vida útil.

El aumento considerable en la producción de la industria del cuero, en la aplicación de insumos inorgánicos, ha generado grandes perjuicios en el proceso de producción del cuero y este sea una de las industrias que realizan más contaminantes, como lo afirma el grupo redactor de (TIEMPO, 2004 pág. 1).

En vista a ello, los organismos regulatorios han ejercido una amplia presión ambiental sobre las tenerías (emplazamientos industriales de curtido), principalmente con el incremento en la rigurosidad de la legislación ambiental, específicamente en requisitos ecológicos en que deben cumplir los vertidos residuales, (Roch, 2004 pág. 2).

Es por ello que surge la contribución práctica para así poder realizar mejoras en los procesos de curtición, que primordialmente puedan contribuir en la reducción o eliminación de la contaminación así promoviendo la búsqueda de tecnologías amigables con nuestro ambiente y el entorno, con alternativas de curtición sin cromo III, por todos los problemas ambientales que causan la industria de la curtición.

Por lo expuesto, se debe evitar enfocarse solo en solventar los impactos ambientales que genera el uso del cromo al proyectar las diferentes alternativas así descuidando factores productivos, como es la calidad del producto final o la aprobación del consumidor, todo esto se debe tomar en cuenta al problema desde el inicio con un enfoque más integral, implementando alternativas ecológicas, con la limitación referentes del producto terminado de calidad y a la viabilidad en la producción de cueros.

1.4.2. *Justificación metodológica*

Uno de los mayores requerimientos técnicos de las industrias que utilizan grandes cantidades de sales de cromo trivalente (Cr^{3+}), en sus procesos, especialmente en la industria de curtido de pieles, es la necesidad de minimizar la concentración de este ion metálico en sus efluentes. Especificaciones internacionales señalan valores de 50 ppb, para los niveles de cromo permisibles en aguas residuales, (Espinoza, 2017 pág. 1).

Por lo tanto, para disminuir los efectos contaminantes de este metal se ha investigado el cambio de curtiente por un mineral más amigable con el ambiente como es sílice, con el cual se produce cueros más blancos, y con una buena plenitud en el curtido, que mejora la absorción de los productos del teñido para obtener los colores más vistosos y sobre todo con una flor muy tersa para que los cueros alcancen una mejor clasificación y por ende mayor precio en el mercado.

1.4.3. Justificación Práctica

El desarrollo industrial de nuestro País, requiere de constante investigación dirigida hacia la implantación de tecnología actualizada y adecuada a las necesidades que a menudo se presentan en los métodos y procesos que son utilizados, especialmente en el curtido de las pieles bovinas. El desecho de materias primas por muchas industrias, es un tema al cual se ha dedicado especial atención y esfuerzo en los últimos años debido a la importancia económica que posee y a los problemas ecológicos que acarrea (Espinoza, 2017 pág. 1).

El cuero es un artículo comercial, donde la piel, o pellejo, de los animales (bovinos, caprinos, ovinos, especies menores, entre otros), ha sufrido un proceso de curtido, en el cual se adicionan agentes curtientes que modifican la estructura protéica del colágeno, para así hacerla resistente a la degradación orgánica producida por microorganismos haciéndola un material duradero con el paso del tiempo, con características de alta flexibilidad, resistencia a la humedad y la temperatura

En algunas industrias del centro del país, que es en la regios donde se concentran el mayor porcentaje de estas empresas curtidoras se concentra, por ejemplo, se desechan diariamente cerca de 10000 litros de agua (al alcantarillado o hacia riachuelos), que contiene cromo en una concentración superior a los 4000 ppm, lo cual representa una pérdida de casi el 30% de la materia prima utilizada y una significativa contaminación en los reservorios de agua de la región

La curtición puede realizarse con dos tipos de agentes como son orgánico (taninos vegetales) o inorgánico (sales de cromo, aluminio, zirconio, silicio, etc.), en función del uso que se le de posteriormente a la piel curtida. En la actualidad en nuestro país se percibe el gran problema de la importancia de materia prima procedente de otros países que vienen a desbalancear el equilibrio entre la oferta y la demanda por ejemplo China que sigue siendo el líder mundial en la producción de cuero curtido debido entre otros aspectos a los bajos costos en mano de obra y la falta de regulación ambiental en el proceso de curtido seguido de Italia e India, (Gonzales, 2016 pág. 1).

En la actualidad no existen métodos estandarizadas que permitan obtener productos de cuero con las características tanto físicas como sensoriales que logren cumplir los estándares de calidad de los organismos que regentan para asegurar la aceptación por parte del artesano y del consumidor, cuyos estándares o exigencias cada vez son más altas.

Sin embargo, se aprecia que en la búsqueda de alternativas que consigan curticiones más amigables con el ambiente como puede ser el uso de curtientes que sustituirán al cromo entre los

cuales se anotan los curtientes vegetales, como la tara, guarango mimoso entre otros y los minerales como el sulfato de aluminio, hierro, sílice entre otros. En la presente investigación se trabajó con sol de sílice que tiene la capacidad de formar estructuras complejas y estables por estar formado de un elemento químico inorgánico como es la sílice que tiene las características similares al cromo las mismas que se unen con las fibras de colágeno de la piel, convirtiendo de la piel putrescible en cuero ya terminado que es imputrescible.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

- Curtir inorgánicamente pieles bovinas utilizando diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar una curtición inorgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de sol de sílice (9,12, 15 y 18).
- Determinar la concentración óptima de sol de sílice utilizada en la curtición de pieles bovinas para cuero de calzado.
- Efectuar las pruebas de calidad (físico – mecánicas, sensoriales y temperatura de contracción) al cuero bovino con sol de sílice como agente curtiente para cuero de calzado.
- Comparar los costos de producción del curtido de pieles bovinas con sol de sílice frente al cromo III como agente curtiente convencional.

1.5.3. Hipótesis

1.5.3.1. Hipótesis general

El uso de diferentes niveles de sol de sílice si cumple con la normativa de calidad vigente en las pieles bovinas para calzado al ser utilizadas en el proceso de curtición

1.5.3.2. Hipótesis específicas

- ¿La curtición inorgánica a los diferentes niveles (9,12, 15 y 18%) propuestos ayudará a

conocer cuál es la concentración ideal de sol de sílice a utilizar a nivel industrial?

- ¿Si la concentración ideal indicara que sol de sílice, en la etapa de curtición lograra obtener un producto final de alta calidad?
- ¿Los análisis físicos – mecánicos, sensoriales y temperatura de contracción de los cueros cumplen con las especificaciones de los organismos reguladores de la calidad del cuero destinado a la confección de artículos de calzado?
- ¿Los costos de producción será económicamente rentable la producción de cueros bovinos curtidos con sol de sílice a diferentes niveles en comparación al cromo III?

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del problema

Se realizó curtición de pieles con diferentes niveles de silicato de sodio en combinación con tara los mismos que se evaluó que el silicato de sodio si es un agente curtiente, los ensayos que se están realizando están dando resultados positivos tanto en la curtición como en las pruebas de calidad del cuero esto quiere decir que el silicato de sodio si actúa como un agente curtiente pero tomando en cuenta que es en combinación con tara que este agente curtiente que tiene un estudio que actúa como tal.

Además, que el silicato de sodio es fácil de conseguir en el mercado y su costo es bajo por lo que es un estudio viable que ayudará a que las industrias curtientes puedan remplazar a cromo III y ser amigable con el medio ambiente.

Este estudio constará en la utilización de sol de sílice en la etapa de curtición de pieles bovinas sin ningún agente curtiente adicional y así probar y comparar la calidad del cuero que se obtendrá con este estudio ya que no existen estudios realizados a base de sol de sílice como único agente curtiente, esto ayudaría al sector industrial que se dedican a este tipo de producción y al sistema educativo ya que se podrá seguir generando en base a estos estudios nuevos temas de investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. *La piel*

La piel es una estructura que sirve de protección externa del cuerpo de los animales. Está cubierta generalmente de pelo, escamas, plumas lana entre otras la mima que está formada por varias capas superpuestas.

La acción protectora ejerce su envoltura externa, además que también cumple otras funciones como: (Adzet, 2005 pág. 45):

- Regular la temperatura del cuerpo de animal

- Elimina las sustancias de desecho
- Albergan órganos sensoriales que facilitan la percepción de las sustancias térmicas, táctiles y sensoriales
- Almacenan sustancias grasas
- Protegen al cuerpo de entrada de bacterias.

2.2.2. Piel bovina

Las pieles que por su volumen de faena que interesan son las vacunas, las mismas que pueden ser en verde como conservadas. El curtidor, cada vez que recibe las pieles, selecciona que estén bien conformadas con un espesor lo más uniforme posible en toda su superficie, examinando que los grosores en las distintas partes sean mínimas debido a que las pieles con diferencias de espesores considerables, causan problemas en la absorción del curtiente; por este tipo de defectos las operaciones de curtido pueden ser arduas y la calidad del cuero es de regular calidad, (Cardenas, 2012 pág. 56).

2.2.2.1. Partes de la piel bovina

En las pieles se pueden diferenciar las siguientes partes principales que son:

- Cuello es la parte que luce con arrugas y con un peso de 25% aproximado del total de la piel fresca.
- Crupón es la parte más valiosa de las partes de la piel bovina por ser homogénea y compacta con un 45% del total de la piel fresca aproximadamente.
- Las faldas son partes las más irregulares de la piel que representa el 30% de peso total de la piel fresca aproximada.

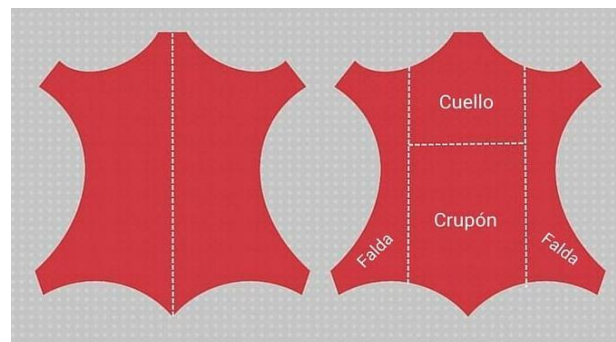


Figura 1-2: Partes de la piel bovina

Fuente: (Bacardit, 2004 pág. 56)

La piel conforma dos partes que son la parte superior denominada flor y la parte inferior carne una vez que se divide en dos capas parte inferior de la piel y esto se lo conoce como cerraje y la superior flor, (Adzet, 2005 pág. 42).

2.2.3. *Química de la piel bovina*

La piel, en los mamíferos, presenta glándulas mamarias, sebáceas, sudoríparas y odoríferas, además de los pelos. La superficie cutánea representa la más extensa línea de contacto entre el organismo y el ambiente, correspondiendo cerca de un 16% del peso corporal. Su espesor es lo más variado posible: varía de algunos centésimos de milímetros hasta 0,03 mm (en las barbas, penacho de la cola y pestañas). El espesor del pelo varía también en función de la subespecie. (Hidalgo, 2004 pág. 23)

El cuero es un material protéico fibroso (colágeno) que se trata químicamente con material curtiente, como cromo, aluminio sílice, curtientes vegetales (tara, guarango, mimosa, etc), entre otros, pero que también puede para obtener las propiedades físicas deseadas para el fin al cual se destinará (Adzet, 2005 pág. 45).

2.2.3.1. *Composición*

El colágeno, la molécula principal de los tejidos conectivos, es la proteína más común en el mundo animal, y posee una estructura fibrosa que le confiere una alta rigidez y resistencia a la piel, de los vertebrados superiores. Debido a su alto contenido de prolina e hidroxiprolina, el colágeno no desarrolla una hélice alfa, sino una conformación que consiste en una triple hélice de cadenas polipeptídicas que se organizan en subunidades y se mantienen unidos por puentes de hidrógeno intermolecular, siendo así un soporte extracelular, (Artigas, 2007 pág. 21)

Hay por lo menos 5 tipos de colágeno, donde la glicina constituye cada residuo. Esta estructura repetida puede ser representada por Gli-X-Y donde X y Y son aminoácidos diferentes, en los mamíferos cerca de 100 posiciones en X son prolina, y 100 de las posiciones en Y son 4-hidroxoprolina. Estos aminoácidos rígidos limitan la rotación de la cadena polipeptídica, además contiene 3-hidroxilisina en algunas posiciones X y 5-hidroxilisina en posiciones Y. El polímero de colágeno posee un peso molecular de alrededor de 350,000, una longitud de 3000 Å° y un diámetro de 14 Å°, (Cotance, 2004 pág. 78)

Aproximadamente el 95% de la proteína de la piel es colágeno. Otras proteínas presentes son la elastina, queratina, albuminas y las globulinas. La composición aproximada de una piel vacuna recién desollada se describe en la tabla 1-2 (Morera, 2015 pág. 21).

Tabla 1-2: Composición química aproximada de la piel bovina recién desarrollada

Componente	Proporción
Agua	64%
Proteínas	33%
Grasas	2%
Sustancias minerales	0.5%
Otros	0.5%

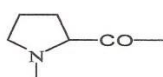
Fuente: (Artigas, 2007 pág. 21)

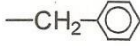
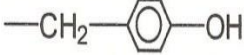
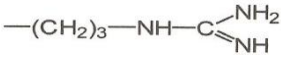
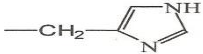
2.2.3.2. Aminoácidos y proteínas de la piel

Los aminoácidos son compuestos orgánicos que se combinan para formar proteínas, las cuales son indispensables para el organismo animal. El colágeno es una proteína la misma que está constituida por la mezcla de α -aminoácidos unidos entre sí por amílicas llamadas enlaces peptídicos. La piel está constituido por colágeno y el mismo que está formado por un conjunto de tres cadenas polipeptídicas (1.000 aminoácidos por cadena), estas agrupadas en una estructura helicoidal además está formado por unos 20 aminoácidos, esto dependerá del tipo del animal y de su juventud, con cadenas laterales no polares, polares, acidas y básicas, como se detalla en la tabla 2-2 (Artigas, 2007 pág. 21).

Tabla 2-2: Cadenas de aminoácidos no polares presentes en el colágeno.

GRUPO FUNCIONAL	AMINOÁCIDOS
Aminoácidos no polares	
-H	Glicina
-CH ₃	Alanina
-CH(CH ₃) ₂	Valina
-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	Leucina
-CH(CH ₃) ₂	Isoleucina
	Prolina



	Fenilalanina
-(CH ₂)SCH ₃	Metionina
Aminoácidos polares	
Amonoacidos con grupos Polares	
-C ₂ OH	Serina
CH(OH)CH ₃	Treonina
	Tirosina
Aminoácidos con grupos ácidos	
-CH ₂ COOH	Ácido Aspártico
-(CH ₂) ₂ COOH	Acido Glutámico
Aminoácidos con grupos básicos	
-(CH ₂) ₄ NH ₂	Lisina
	Arginina
	Histidina
-(CH ₂) ₂ CH(OH)CH ₂ NH ₂	Hidroxilisina

Fuente: (Soler, 2004 pág. 23)

2.3. Proceso de curtición

El proceso de curtición no es otra cosa que la transformación de la piel de un animal en el cuero el mismo que se puede obtener como producto final en forma de zapatos, monederos, cinturones, chaquetas y muchos otros anejos pero antes de obtener el cuero la piel del animal es sometido a una serie de procesos (físicos, químicos y mecánicos) cada uno de los cuales tienen una finalidad propia englobada dentro de un objetivo final: el producto que llegará a los compradores, que son los almacenistas o los fabricantes (fabricantes de zapatos, marroquinería, vestimenta, etc), (Coulson, 2003 pág. 34).

De acuerdo con el tipo de piel ya sea este (bovino, ovino, porcino, etc.) y el artículo final deseado,

la piel se somete o no a las operaciones de ribera. También se varía en cada caso la intensidad con la que se aplica el proceso. Por ejemplo, una piel de vaca se desengrasa mucho menos que la de oveja ya que de por sí, ésta última tiene mucha grasa natural, (Cotance, 2004 pág. 56).

Las operaciones que inicialmente se llevan a cabo en la curtición son las denominadas "operaciones de húmedo o ribera" por el agua presente en las siguientes operaciones como son: el remojo, pelambre, calero, descarnado, dividido, desencalado, rendido, desengrase y piquelado. Además, las otras operaciones que se realiza en húmedo son: la curtición, escurrido, rebajado, neutralizado, recurtición, tintura, engrase y el estirado, (Morera, 2015 pág. 24).

2.3.1. *Materia prima para la curtición*

Las pieles que llegan para ser curtidas y están formadas por tres capas bien diferenciadas y estas son: epidermis, dermis y el tejido subcutáneo. La dermis es la parte que interesa al curtidor ya que está constituida por fibras de una proteína llamada colágeno, vasos sanguíneos, fibras elásticas, reticulina,, tejido muscular y células grasas por este motivo la dermis es la parte importante ya que, en el transcurso de los procesos húmedos, la epidermis y el tejido subcutáneo se eliminan, (Dellmann, 2009 pág. 21).

El componente en relación porcentual varía estratigráficamente de la capa inferior llamada "carne" hasta la capa superior llamada "flor". Para el colágeno su estructura varía también por sus diferentes especies (una piel de oveja es diferente a la piel de vaca), (Fontalvo, 2009 pág. 12).

Actualmente se conocen 19 tipos diferentes de colágeno en los vertebrados, de la mayoría de los cuales se conoce la composición y la secuencia de los aminoácidos que los constituyen (Coulson, 2003 pág. 34).

2.4. *Etapas previas a la curtición*

La piel del animal es necesario preparar previamente antes de realizar la curtición y pueda reaccionar con el agente curtiente y este ser transformado en cuero. Entre las operaciones previas que debe realizarse sobre la piel son las siguientes (Hidalgo, 2004 pág. 13).

2.4.1. *Remojo*

El remojo se lo conoce como trabajos de ribera y se caracterizan por emplearse en ellos grandes cantidades de agua como producto principal además como adicional se usan detergentes,

tensoactivos, bactericidas, y enzimas, y alguna pequeña cantidad de álcali y siendo así los principales objetivos el rehidratar la piel y eliminar las suciedades (materia extraña como tierra, sangre, estiércol), grasas, etc (Hidalgo, 2004 pág. 13).

El remojo de las pieles en bruto (frescas o recién desolladas, saladas y secas) dependen del tiempo y el tipo de conservación en que haya estado sometida antes y después de la muerte para su transformación en cuero. (Hidalgo, 2004 pág. 28).

2.4.2. Pelambre y calero

Esta operación tiene dos finalidades que son: eliminar o descartar del corium, la epidermis con lana o pelo produciendo así un ablandamiento de la estructura fibrosa que es el colágeno con la finalidad que la piel esté preparada para las transformaciones químicas de curtición. La metodología utilizada principalmente empleados para lograr un ablandamiento del pelo se utiliza químicos o por ataque enzimático, que se aprovecha por lo general la insuficiente resistencia de las proteínas de la capa basal de la epidermis frente a las enzimas y a los álcalis o sulfuros, (Artigas, 2007 pág. 78)

En la operación de pelambre los químicos que se utilizan son: sulfuro sódico y el sulfhidrato por su carácter reductor rompen los puentes de disulfuro de la proteína del pelo que es la queratina. A diferencia que para el calero se usa hidróxido de calcio porque rompe los puentes de hidrógeno que existen entre las fibras de colágeno. (Font, 2006 pág. 34)

2.4.3. Descarnado

En esta operación tiene como objetivo desprender la piel, todos los sebos y grasas (carnaza) es decir el tejido subcutáneo y adiposo. En la endodermis quedan restos de grasa o carne que hay eliminarse para imposibilitar el desarrollo de bacterias sobre la piel. Y estos tejidos deben quitarse en las etapas iniciales de la fabricación con la finalidad de facilitar a que los productos químicos aplicados tengan máxima penetración en fases posteriores y así tener un espesor lo más regular posible para la adecuada realización de las operaciones posteriores, (Adzet, 2005 pág. 34).

El descarnado se efectúa por efecto mecánico ya que se realiza mediante el empleo de una máquina especializada, o también se puede realizar manualmente con el uso de una cuchilla descarnadora, pero es dificultoso y lento, (Bacardit, 2004 pág. 67).

2.4.4. Dividido

El dividido es una operación que una vez que las pieles ya pasaron por ser descarnadas se realiza la separación de la piel propiamente dicha y el cerraje dándole a la piel el grosor solicitado esto se efectúa específicamente por efecto mecánico Esta operación es una operación absolutamente mecánica, que debe realizarse en una maquina construida sobre una robusta estructura con soluciones innovadoras para la precisión del dividido, la seguridad de los operarios, la simplicidad operativa, bajo mantenimiento y escaso consumo de recambios (Dellmann, 2009 pág. 21).

La máquina para dividir sirve para pieles bovinas, ovinas, caprinas y de cerdo adecuada para trabajar en wet blue, tripa, pickelado y seco, su principio es seccionar la piel, apoyada entre dos cilindros, con una cuchilla y su forma es de una cinta sinfín, que se mueve en un plano paralelo al lado de la flor y al lado de la carne, los residuos generados en esta etapa no pueden ser reintroducidos en la curtición por el bajo calibre y son destinados a la elaboración de colas y gelatinas, (Font, 2006 pág. 32).

2.4.5. Desencalado

El desencalado es una operación que se utiliza para la eliminación de la cal que se encuentra enlazada químicamente en los capilares de la piel y los productos alcalinos existentes dentro de la piel, y así logrando el hinchamiento alcalino de la piel apelambrada. Para optimizar este proceso se debe realizar una elevación en la temperatura para reducir la resistencia de las fibras hinchadas, el deshinchamiento es por la acción conjunta de la neutralización, además su aumento de temperatura y efecto mecánico, (Hidalgo, 2004 pág. 58).

Una parte de la cal es eliminada al lavar con agua e inmediatamente por medio de ácidos débiles, o por medio de sales amoniacaes como: sulfato de amonio, cloruro de amonio o de sales ácidas como es el bisulfito de sodio. Los agentes químicos utilizados en el desencalado dan sales ácidas solubles de fácil eliminación con agua y no deben producir efectos de hinchamiento sobre el colágeno. El objeto del desencalado es, (Libreros, 2003 pág. 35):

- Eliminar la cal adherida o absorbida por la piel en su parte exterior.
- Eliminar la cal de los espacios interfibrilares.
- Eliminar la cal que se hubiera combinada con el colágeno.
- Deshinchar la piel dándole morbidez.
- Ajustar el pH de la piel para el proceso de purga.

2.4.6. Rendido

Es un tratamiento de enzimas pancreáticas con el objetivo de ablandar o aflojar la piel actuando sobre la estructura del colágeno, además como efecto secundario se eliminan los restos de epidermis y pelo que puedan quedar en la piel, así como una parte de la grasa natural del animal, (Cotance, 2004 pág. 21).

El rendido se realiza en molineta o bombo y en el mismo baño de desencalado o en baño nuevo. La temperatura y el pH de trabajo han de favorecer la buena acción de los rindentes. La temperatura adecuada acostumbra a estar alrededor de los 35°C y se trabaja a pH básico (8-9) en la mayoría de los casos. Las variables tiempo, efecto mecánico, cantidad y concentración del rindente, temperatura y pH permiten controlar el grado de intensidad de un rindente, (Adzet, 2005 pág. 21).

Mientras más blando sea el producto final deseado, más rápido que ser el rendido. Si el desengrase no se lleva a cabo en el baño del rendido, éste se tira y se lavan las pieles con agua fría para así interrumpir la acción de las enzimas, (Roch, 2004 pág. 68).

2.4.7. Piquelado

En esta etapa se le prepara al cuero para la curtición vegetal o mineral, en las etapas anteriores etapas se trata de eliminar la cal que se queda muchas veces en la piel, pero solamente con el desencalado se elimina la cal que se encuentra libre, en cambio en esta etapa se elimina el álcali enlazada a la piel por la adición de productos ácidos, y esto produce un descenso notable del pH llegando hasta un valor de 3-3.5, (Schubert, 2007 pág. 73).

La adición de ácidos es importante en esta operación ya que permitirá que el curtiente adquiera una alta basicidad, el mismo que activará al curtiente logrando obtener cargas positivas, también en esta etapa se produce el ataque de las fibras del tejido adiposo (grasas) principalmente en pieles con poca grasa las de tipo lanar, y para estas pieles es importante realizar el piquel seguido de un desengrase, por acción de la adición de ácidos conjunta con las sales que se han añadido anteriormente se da la deshidratación de las fibras colagénicas, (Portavella, 2005 pág. 34).

2.4.8. Curtición

La curtición es el tratamiento de la piel piquelada con agentes curtientes para estabilizar las fibras de colágeno, hacerlas imputrescibles y conferir a las pieles una resistencia a una temperatura

superior a la que se tiene en estado natural. El agente curtiente se combina, por lo menos en parte, irreversiblemente con el colágeno. La curtición puede realizarse con dos tipos de agentes: de tipo orgánico (taninos vegetales) o inorgánicos (sales de cromo, aluminio, zirconio, silicio, titanio, etc.), (Churata, 2003 pág. 2).

Se conoce como curtición a los diferentes procesos técnicos que se siguen para lograr la transformación de una piel cruda en un material resistente de características muy especiales como son; su flexibilidad, la uniformidad y estas pueden ser aptas para fines de uso humano, en otras ocasiones de uso industrial o técnico. La curtición abarca dos líneas de producción. La finalidad de la curtición es, (Hidalgo, 2004 pág. 34):

- Impedir la putrefacción del cuero
- Mejorar su apariencia además sus propiedades físicas, así asegurando su estabilidad química y biológica del mismo
- El propósito de éste proceso es acidificar hasta un determinado pH, las pieles en tripa antes de la curtición al cromo, al aluminio o cualquier otro elemento curtiente. Con esto logrando bajar los niveles de astringencia de los distintos agentes curtientes.

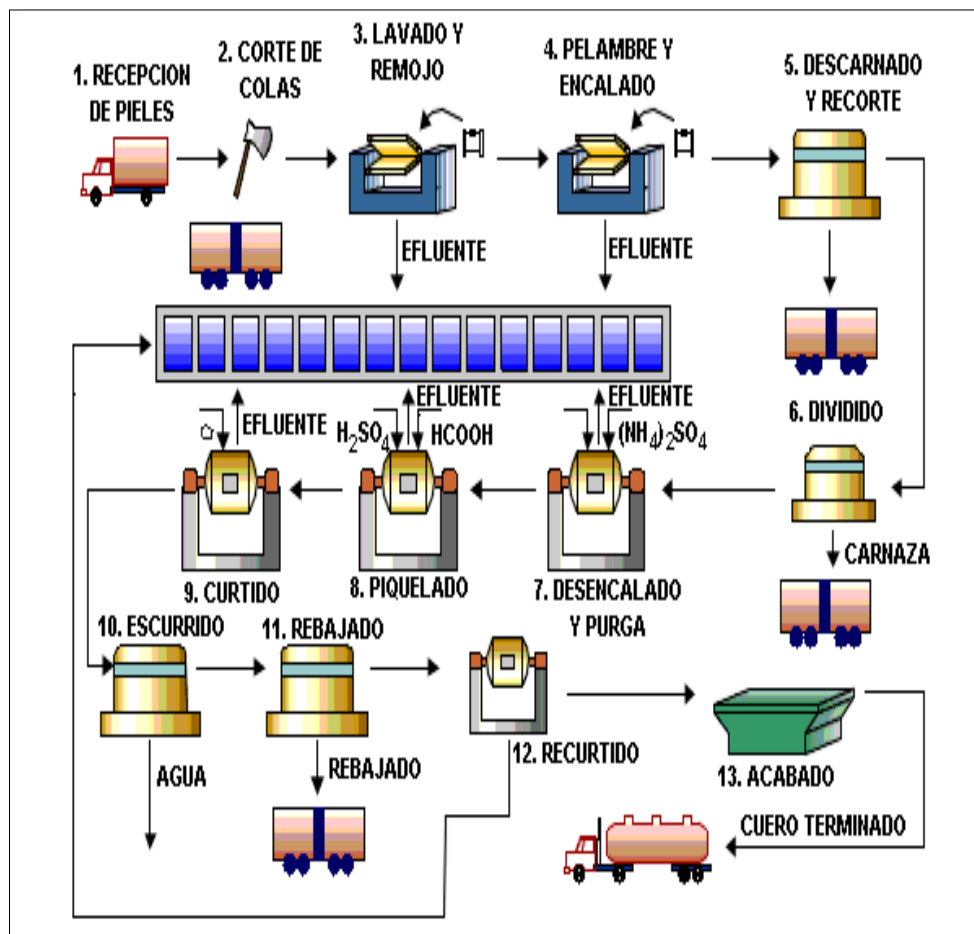


Figura 2-2: Proceso de curtido y acabado del cuero
Fuente: (Esparza, 2019 pág. 1)

2.4.8.1. *Curtición vegetal*

Se realiza con extractos vegetales y con distintos grupos orgánicos tales como numerosos, sintanes, diversos aldehídos y quinonas, así como también grupos carboxílicos, resinas, grupos fenólicos entre otros. La curtición es por definición la transformación de la piel en el cuero, (Cotance, 2004 pág. 4).

Esta modificación de la piel da un producto que reúne las propiedades de no carnificarse al secar y estas son: ser resistente a la acción enzimática microbiana en húmedo y ser estable a la acción del agua caliente, se logra mediante procesos químicos como es la curtición y al producto logrado finalmente después de todos los procesos un producto que se lo llama cuero, el cual implica el tratamiento de la piel en bruto con uno o varios tipos de agentes curtientes que por lo menos en parte se combine irreversiblemente con la proteína colágeno. (Artigas, 2007 pág. 32).

La curtición vegetal permite la conservación de la fibra del cuero y le agrega ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad que son consecuencia de los materiales y de los métodos de trabajo que se emplean. A pesar de haber sido casi reemplazados por los curtientes minerales, se continúan utilizando en la curtición y recurtición (Churata, 2003 pág. 32).

2.5. **Silicatos**

Los silicatos son solubles a pH del orden de 9 o superiores y precipitan la sílice a pHs comprendidos entre 9 y 3. A pHs inferiores a 3 se forma una solución coloidal de ácido silícico que se estabiliza con sales metálicas como las de aluminio y cromo y puede emplearse para la recurtición y recurtición del cuero. Los tratamientos del cuero al cromo con silicatos tienen dos grandes ventajas; su bajo precio y su elevado poder de relleno, (Cotance, 2004 pág. 32).

Los cueros curtidos con sílice son blancos, sólidos a la luz y resistentes al calor. Su gran inconveniente es la pérdida de resistencia de la piel y su tendencia a dar tacto duro, si bien este último inconveniente puede paliarse, aunque en ocasiones no muy fácilmente, (Churata, 2003 pág. 21).

Los silicatos son todos aquellos minerales que tienen como unidad básica fundamental al tetraedro de silicio (SiO_4)⁴⁻, un catión de silicio (Si^{4+}) enlazado con 4 aniones de oxígeno (O^{2-}), los cuales se hallan dispuestos a su alrededor en las direcciones de los vértices de un tetraedro. Los enlaces O-Si son extremadamente fuertes, liberándose 3.110 kilocalorías durante la formación de un mol de óxido. En la figura 2-2, se indica el Esquema de la disposición espacial de los cationes y aniones (Cotance, 2004 pág. 32).

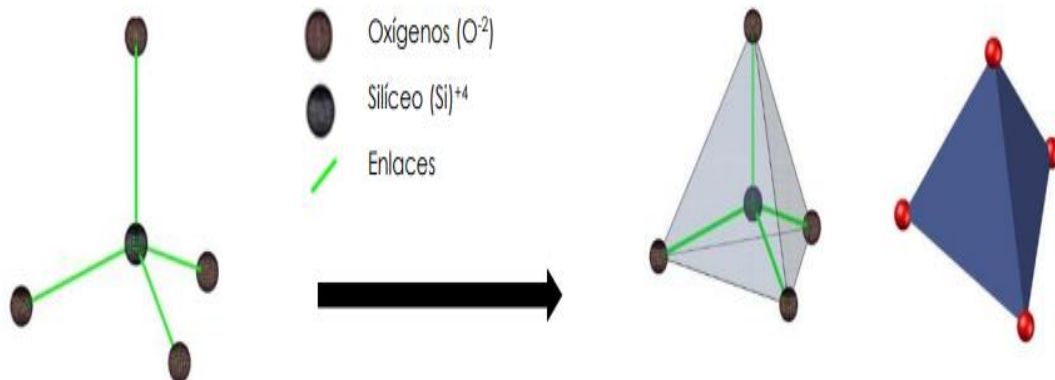


Figura 3-2: Esquema de la disposición espacial de los cationes y aniones
Fuente: (Cotance, 2004 pág. 32).

2.5.1. *Formulación de Sol de Sílice*

El sol de sílice es una suspensión coloidal de partículas sólidas en un líquido cuando se prepara con sílice es también conocido por hidrosol de sílice, es una solución coloidal de alta hidratación molecular de partículas de sílice dispersas en agua. Los silicatos de sodio reaccionan con compuestos ácidos. Cuando las soluciones de concentraciones relativamente alta se acidifican, los aniones de silicato soluble se polimerizan hasta formar un “gel” (Calle, 2018 pág. 12).

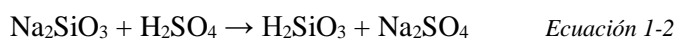
Cuando se acidifican sílices disueltos de concentraciones relativamente diluidas se pueden formar soles activados, y una de las ventajas es que se los puede denominar como un material no toxico, no inflamable y no reactivo siendo estable con uso ordinario, pero reacciona con los derivados del flúor además de ácidos fuertes bases fuertes y agentes oxidantes, (Nuñez, 2019 pág. 1).

El grado de polimerización de los aniones de las soluciones de silicato de sodio depende de la concentración de la solución, temperatura, pH y otros factores. Los soles de sílice coloidal pueden prepararse a partir de silicatos de sodio por medio de un intercambio de iones, diálisis y otros medios a sílice activada, que es utilizada en tratamiento de agua de desperdicio industrial o municipal. El sol de sílice coloidal puede usarse para el curtido de pieles, reforzamiento de polímeros sintéticos, terminado de telas y cubiertas (Calle, 2018 pág. 12)..

En soluciones alcohólicas especialmente a bajo pH la despolimerización se lleva a cabo a una velocidad muy baja, por lo que la condensación se considera un proceso irreversible y los enlaces siloxanos no pueden ser hidrolizados después de que se formen, (Calle, 2018 pág. 1)

La solución acuosa de sol de sílice es formada a partir del silicato de sodio acuoso, el mismo que se lo acidifica este compuesto inorgánico a un pH menor que 3, el cual indica estabilidad, y puede ser usado en la curtición y recurtición de pieles. Por lo tanto, el sol de sílice coloidal obtenido por sus características puede formar estructuras estables y complejas con las fibras de colágeno de la piel, transformando de esta forma la piel putrescible en cuero imputrescible (Sáenz, 2019 pág. 21)

No obstante, se obtiene sol de sílice coloidal cuando la concentración de la solución del silicato de sodio es relativamente diluida como se observa en la Figura 3-2, mientras que, cuando la concentración de esta solución es concentrada, al acidificar los aniones de los silicatos tienden a polimerizarse formando gel. La reacción química que se lleva a cabo al acidificar el silicato de sodio con ácido sulfúrico es la siguiente: (Lafuente, 2003 pág. 34)



Como se observa en la ecuación 1-2 tenemos reactivos y productos obteniendo así como productos la formación de un ácido metasilícico en suspensión coloidal, el cual es el agente curtiente (Nuñez, 2019 pág. 1).

2.6. Acabado del cuero

En esta operación incluye una serie de tratamientos a la cual es sometida la piel curtida para obtener un cuero con determinadas propiedades, y su objetivo principal es mejorar sus propiedades físicas y estéticas del material curtido. Por ejemplo, al incrementar la protección frente a la humedad, la suciedad, el aspecto del cuero así cubriendo defectos naturales producidos en las operaciones previas del proceso de fabricación y aumentar las resistencias de solidez en pruebas físicas, como lo son la resistencia a la luz del sol, resistencia al mojar el artículo, resistencia al rasgado, adherencia, flexión, entre otras que se exigen para cada artículo, (Torres, 2014 pág. 43)

El escurrido, dividido, neutralizado, recurtido, teñido, engrase y almacén estas son operaciones que le confiere un acabado al cuero dependiendo a la utilización que se le vaya a dar y que estos pueden ser utilizados para trabajos artesanales o industriales como en confección de diferentes artículos como calzado o prendas de vestir entre otros, (Nuñez, 2019 pág. 1).

Con la aplicación del acabado podemos conferir al cuero ciertas características tales como: coloración, tacto, solidez al color y uniformidad, brillo, duración, elegancia, así como resaltar más la naturalidad del artículo (Torres, 2014 pág. 43).

Su aplicación se realiza normalmente sobre la superficie de la flor del cuero, con una mezcla de sustancias de naturaleza química variada, que mediante su secado, nos van a formar una película, la cual será mate o brillante, transparente o turbia, elástica la cual nos permitirán mayor elongación del cuero dura según el artículo deseado. Los factores que interviene en el proceso de acabado son (Torres, 2014 pág. 43):

- El tipo de cuero (vacuno, ovino, porcino, etc.)
- El artículo que se quiere fabricar con el cuero.
- El aspecto final que debe tener el cuero.

Los requerimientos de calidad que debe cumplir el cuero según la normatividad que lo exige (Churata, 2003 pág. 21)

- Conocer bien las prestaciones de los productos químicos que intervienen en el acabado para lograr conseguir las características deseadas en el artículo.
- Conocer bien la maquinaria disponible para realizar las operaciones de acabado.
- Conocer los distintos tipos de acabados y sus características.

2.7. Marco Conceptual

- **Cuero:** Piel tratada mediante curtido. El cuero proviene de una capa de tejido que recubre a los animales y que tiene propiedades de resistencia y flexibilidad bastante apropiadas para su posterior manipulación.
- **Capa flor:** La parte de un cuero o una piel comprendida entre la superficie que queda al descubierto al eliminar el pelo o la lana y la epidermis hasta el nivel de las raíces de los mismos.
- **Agente curtiente:** Insumo del proceso de obtención de cuero que genera la curtición de la piel.
- **Curtición:** Conjunto de operaciones físico-químicas que, mediante el adecuado uso de productos químicos, convierten a la piel (comúnmente llamada cuero) en un material durable e imputrescible.

- **Ensayos físicos:** pruebas de calidad aplicadas al cuero terminado para verificar su resistencia física.
- **Ensayos sensoriales:** pruebas de calidad aplicadas al cuero terminado para verificar las propiedades sensitivas generadas en el consumidor.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. *Tipo y diseño de investigación*

La presente investigación fue de tipo experimental debido a que se trabajó con variables controladas como fueron la concentración de sol sílice, y las variables dependientes que fueron físico – mecánicas, sensoriales y temperatura que midieron las características del cuero. Además, el tiempo que transcurrió en el experimento jugó un papel interviniente, ya que se obtuvo presente en el proceso, pero, no se tomó como objetivo clave en la presente investigación.

3.1.1. *Método de investigación*

En la presente investigación como método de investigación se trabajó con: método deductivo, inductivo y experimental, para que el investigador pueda generar juicios de valor y obtener resultados concretos que tienen que ver con los procesos de curtición de pieles bovinas y como afecta los residuos generados al ambiente. A continuación, se detallan cada uno de los métodos que hemos enunciado

3.1.1.1. *Método deductivo*

El método deductivo es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. En este sentido, es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos concretos). Según el método deductivo, la conclusión se halla dentro de las propias premisas referidas o, dicho de otro modo, la conclusión es consecuencia de estas. (Pavlov, 2019 pág. 1)

3.1.1.2. *Método experimental*

Se trata de una colección de diseños de investigación que utilizan la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales. En general, una o más variables son manipuladas para determinar su efecto sobre una variable dependiente. es un proceso sistemático y una aproximación científica a la investigación en la cual el investigador manipula una o más variables y controla y mide cualquier cambio en otras variables.

3.2. Enfoque de la investigación

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo y cualitativo, en el aspecto cualitativo se engloba la determinación de las características sensoriales de los cueros bovinos que tienen su fundamento en una escala de calificación de parte de un juez calificado, y en el enfoque cuantitativo se tomó en cuenta las resistencias físico mecánicas del cuero, que fueron comparadas con las normativas internacionales vigentes.

3.3. Identificación de las variables

Las principales variables que fueron consideradas dentro del presente trabajo investigativo se enumeran a continuación.

3.3.1. *Variable independiente*

Corresponde a los niveles de sol de sílice la misma que se utilizaran fueron al 9,12, 15 y 18% de concentración, en función del peso de la piel bovina en bruto que representa cada una de las unidades experimentales.

3.3.2. *Variables dependientes*

- **Análisis Físico – mecánicos:** Las variables son la resistencia a la tensión, resistencia al desgarre, porcentaje de elongación y temperatura de contracción todo esto basándose si cumplen con las especificaciones de los organismos reguladores de la calidad del cuero.
- **Análisis Sensorial:** Se realizó través de un test sensorial por un artesano certificado y brindan una calificación a los cueros, y se evalúa es lo siguiente: soltura de flor, blandura y llenura

3.3.3. *Operacionalización de las variables*

La Operacionalización de las variables que se consideró dentro del presente trabajo investigativo se detalla en la tabla 1-3.

Tabla 1-3: Operacionalización de las variables

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Dependiente: Calidad del cuero obtenido	Cuero que cumple con los estándares de calidad según la norma requerida mediante pruebas físico-mecánicas, sensoriales para su utilidad en el calzado.	Pruebas físico-mecánicas Permite evaluar la resistencia del cuero a las acciones mecánicas y se realiza mediante equipos estandarizados y personas especializadas en el tema. Pruebas sensoriales Permite cuantificar al cuero obtenido mediante un test de pruebas sensoriales con la finalidad de evaluar la calidad del producto y se realiza mediante personal calificado en el tema.	Físico-mecánicas Resistencia a la tensión (N/cm ²) Porcentaje de elongación (%) Resistencia al desgarre (N) Sensoriales Llenura, (puntos). Blandura, (puntos). Soltura de flor, (puntos).	Físico-mecánicas Equipo de resistencia a la Tensión Termómetro Lastómetro Sensoriales Órganos de los sentidos
		Temperatura de contracción del cuero. Temperatura a la cual el cuero registra una reducción en el tamaño considerable.	Temperatura	Termómetro
Independiente: Sol de sílice (concentración)	Concentración: Se conocerá en función del peso de piel en bruto a procesar mediante la utilización de diferentes concentraciones de sol de sílice durante el proceso de curtición para la producción de cuero bovino.		Sol de sílice (%)	Fórmula de curtición

Elaborado por: Narváez Anita, 2019

En la tabla 2-3, se describe la matriz de consistencia que se utilizó para la presente investigación:

Tabla 2-3: Matriz de consistencia

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS
ASPECTOS GENERALES					
¿El sol de sílice a diferentes niveles, logrará curtir las pieles bovinas y cumplir con las normativas de calidad y costos de producción para cuero de calzado?	Curtir inorgánicamente pieles bovinas utilizando diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado.	El uso de diferentes niveles de sol de sílice si cumple con la normativa de calidad vigente en las pieles bovinas para calzado al ser utilizadas en el proceso de curtición.	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles sol de sílice. • Calidad del cuero bovino obtenido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración del sol de sílice aplicada en la etapa de curtición. • Parámetros de calidad físicos y sensoriales del cuero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de caracterización de los parámetros de calidad del cuero.
ASPECTOS ESPECÍFICOS					
¿Al realizar la curtición inorgánica en pieles bovinas a los diferentes niveles de sol de sílice (9,12, 15 y 18%) planteados podrá obtener un producto final que cumpla con todas las especificaciones de calidad de los cueros para calzado?	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar una curtición inorgánica de pieles bovinas utilizando diferentes niveles de sol de sílice (9,12, 15 y 18%). 	¿La curtición inorgánica a los diferentes niveles (9,12, 15 y 18%) propuestos ayudará a conocer cuál es la concentración ideal de sol de sílice a utilizar a nivel industrial?	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles sol de sílice. • Calidad del cuero bovino obtenido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración del sol de sílice aplicada en la etapa de curtición. • Parámetros de calidad físicos y sensoriales del cuero. 	Técnicas de caracterización de los parámetros de calidad del cuero.

<p>¿Cuál será la concentración ideal de sol de sílice para la curtición de pieles bovinas que cumpla las normativas vigentes de calidad del cuero para calzado?</p>	<p>Determinar la concentración ideal de sol de sílice para la curtición de pieles bovinas para cueros de calzado.</p>	<p>¿Si la concentración ideal indicara que sol de sílice, en la etapa de curtición lograra obtener un producto final de alta calidad?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de concentración de sol de sílice utilizados. • Calidad el cuero 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de sol de sílice utilizado en la formulación de la etapa de curtición. • Parámetros de calidad del cuero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de calidad del cuero.
<p>¿Qué resultados se obtendrá al realizar las pruebas físico-mecánicas, sensoriales y temperatura de contracción al curtir las pieles bovinas utilizando diferentes concentraciones de sol de sílice?</p>	<p>Efectuar las pruebas de calidad (físico – mecánicas, sensoriales y temperatura de contracción) al cuero bovino con sol de sílice como agente curtiente para cueros de calzado.</p>	<p>¿Los análisis físicos – mecánicos, sensoriales y temperatura de contracción de los cueros cumplen con las especificaciones de los organismos reguladores de la calidad del cuero destinado a la confección de artículos de calzado?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas del cuero • Valores referenciales de las normativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros físicos de la calidad del cuero • Parámetros establecidos en las normativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de calidad del cuero.
<p>¿Es económicamente viable en la industria del cuero sustituir el curtido convencional por el sol de sílice?</p>	<p>Comparar los costos de producción del curtido de pieles bovinas con sol de sílice frente al cromo III como agente curtiente convencional.</p>	<p>¿Los costos de producción será económicamente rentable la producción de cueros bovinos curtidos con sol de sílice a diferentes niveles en comparación al cromo III?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Rentabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Valoración de los costos de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balance económico

Elaborado por: Narváez, Anita, 2019

3.4. Diseño de a Investigación

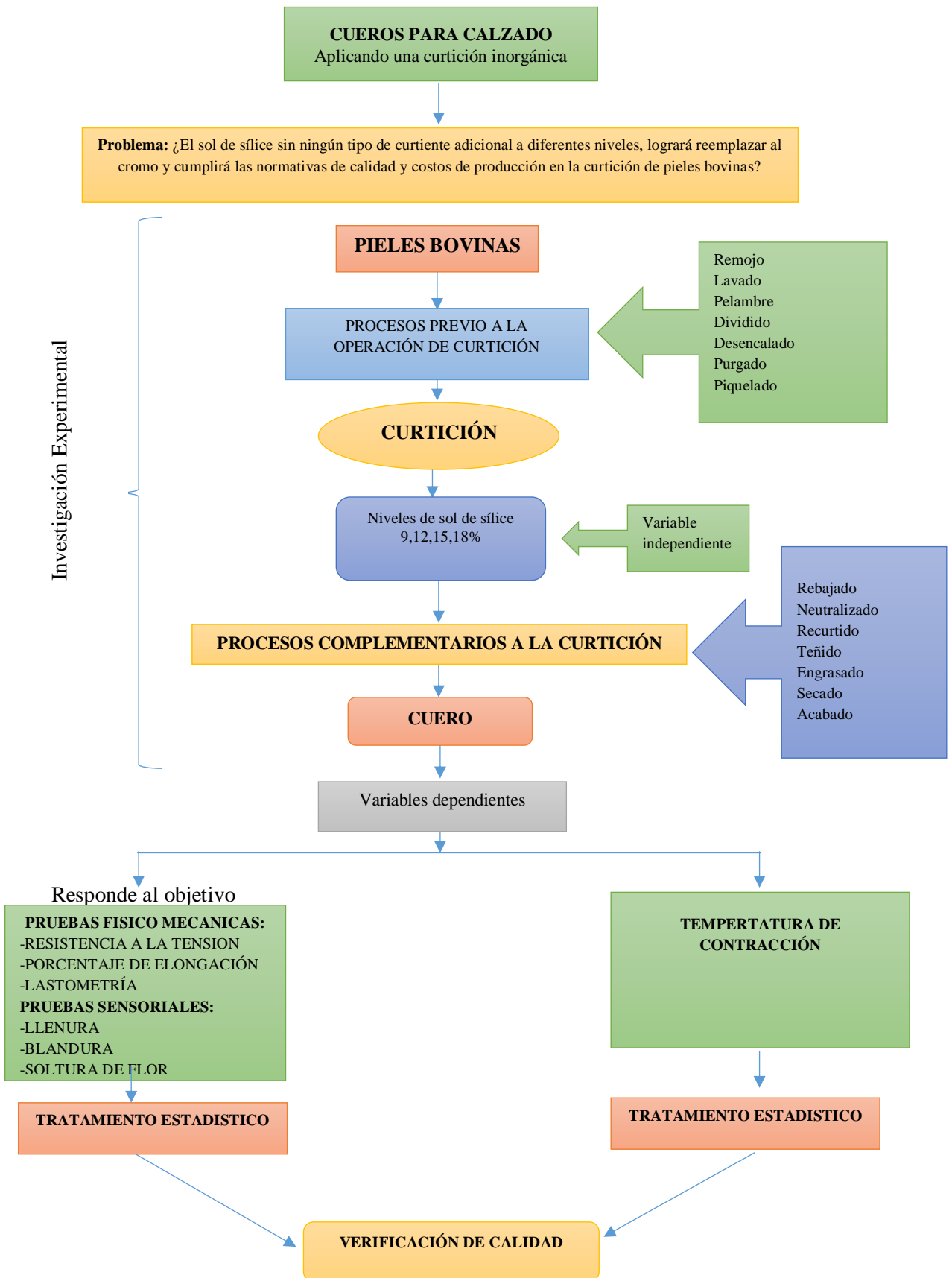


Figura 1-3: Ilustración del diseño de la investigación

3.5. Población y muestra de estudio

El número de unidades que conformaron el presente trabajo experimental fue de 20 bandas en total, es decir 5 bandas por tratamiento.

La población que se estudió durante el desarrollo del trabajo investigativo estuvo establecida por las 20 bandas de cuero bovino obtenidas en el conjunto de investigación, las bandas se consideraron como población y no como pieles ya que las bandas son producto de la división transversal de las pieles.

3.6. Unidad de análisis

En el presente estudio la unidad de análisis será la piel bovina dividida en dos partes u hojas, obtenidas de un corte longitudinal siguiendo la línea dorsal curtida a diferentes niveles (9,12,15, y 18 %)de sol de sílice. A las unidades de análisis se efectuaron los diferentes análisis tanto físico mecánicos como sensoriales para determinar la calidad del cuero.

3.7. Selección de la muestra

La selección de la muestra se lo hará con el método de muestreo por conveniencia, ya que según Creswell (2018), este método se lo realiza cuando el investigador selecciona la muestra que facilite la recolección de la información y que se adapten a la necesidad y al objeto de estudio, para la selección de la muestra se seguirá el siguiente procedimiento descrito a continuación:

- Se realizó una observación previa al camal municipal de la ciudad de Riobamba (lugar donde se consiguieron las pieles bovinas) para determinar las características in-situ de la muestra.
- Después para escoger las pieles que mejor se ajusten a las condiciones experimentales se verificó visualmente que la piel no presente manchas, arañazos, sustancias extrañas sobre la lana, presencia de sangrado, excesiva venosidad y excesiva grasa que afectaron a la calidad final del producto.
- Una vez comprobado del procedimiento anterior se adquirió las pieles y fueron transportadas al laboratorio lugar donde se realizó los procesos necesarios para la obtención de cuero, impidiendo que el tiempo de almacenamiento sea extenso ya que puede causar putrefacción de la piel, por lo que se recomienda que se trabaje inmediatamente adquirida la piel o si no se realice el salado de las mismas.

3.8. Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra fue de 1 banda de piel bovina que fue obtenida por la división transversal de cada una de las pieles, y la cantidad de unidades experimentales que se curtieron de cada uno de los niveles de sol de sílice fue determinada por la capacidad del bombo.

3.9. Técnicas de recolección de datos

Una vez curtidas las unidades experimentales se recogieron los datos en bitácoras en el mismo que se anotaron las técnicas empleadas, los errores que pudieron existir y que puedan influir en los resultados para cada etapa productiva, además que estos apuntes facilitaron para la interpretación de resultados. Para la etapa de resultados se recolectaron la información que se obtuvo en las diferentes pruebas que se realice al cuero, tanto físico mecánicas como sensoriales

3.10. Tratamiento y diseño experimental

Los resultados experimentales serán modelados bajo un diseño completamente al azar y se ajustó al siguiente modelo líneao aditivo

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_I + \epsilon_{IJ} \quad \text{Ecuación 2-3.}$$

Dónde

Y_{ij} = Variable en determinación

μ = Media General

α_I = efecto de los diferentes niveles de sol de sílice

ϵ_{IJ} = Efecto del error experimental

En cuanto, a las pruebas no paramétricas (pruebas sensoriales) se utilizará la prueba de Kruskall – Wallis, que sigue el siguiente modelo matemático:

$$H = \frac{20}{nT(nT + 1)} = + \frac{\sum RT_1^2}{nRT_1} + \frac{\sum RT_2^2}{nRT_2} + \frac{\sum RT_3^2}{nRT_3} + 2(nT + 1) \quad \text{Ecuación 3-3.}$$

Dónde:

H = Valor de comparación calculado con la prueba K-W

nT = Número total de observaciones en cada nivel de curtiente (sol de sílice)

R = Rango identificado en cada grupo

Las unidades experimentales fueron modelas utilizando un diseño experimental, completamente al azar donde se evaluaron los diferentes niveles de sol de sílice (9,12,15 y 18%). A continuación, se muestra en la tabla 3-3, el esquema del experimento donde se describe el tamaño de la muestra, las repeticiones y el tamaño de la unidad experimental.

Tabla 3-3: Esquema del experimento

Tratamiento	Código	Repeticiones	T.U.E.	Piel/Trat.
9 % de sol de sílice	T1	5	1	5
12 % de sol de sílice	T2	5	1	5
15 % de sol de sílice	T3	5	1	5
18 % de sol de sílice	T4	5	1	5
TOTAL				20

T.U.E: Tamaño de la unidad experimental

Elaborado por: Narváez, A. 2019.

Tabla 4-3: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	19
Tratamiento	3
Error	16

Elaborado por: Narváez, Anita. 2019.

Las técnicas estadísticas que se utilizaron se describen a continuación

- Análisis de Varianza para determinar la variabilidad
- Prueba de Kruskal Wallis para variables no paramétricas
- Separación de medias de acuerdo a Tukey ($P < 0.05$)
- Análisis de regresión y correlación múltiple

3.11. Diagrama del proceso de curtición

El diagrama del proceso de curtido se ilustra en la siguiente figura 2-3.

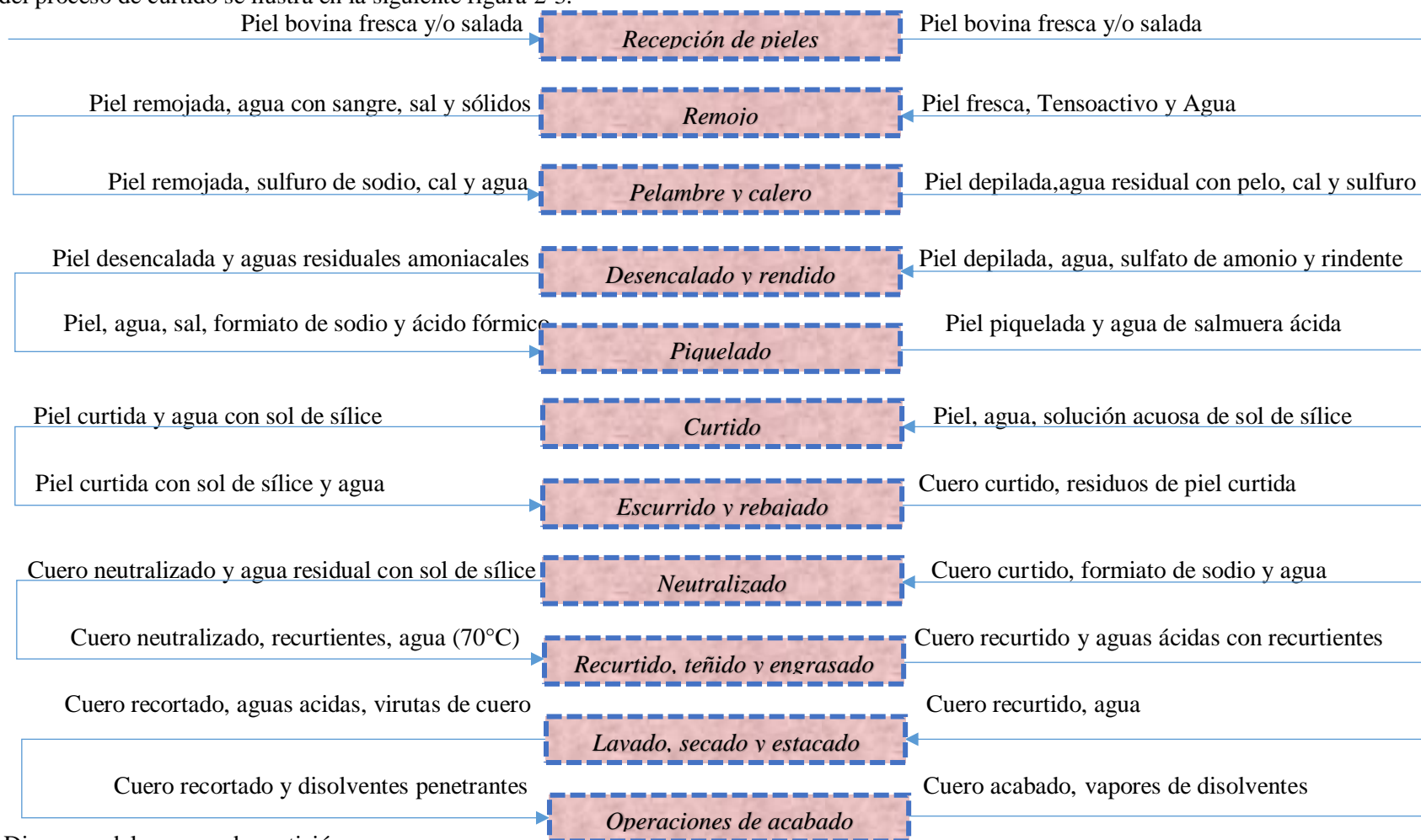


Figura 2-3: Diagrama del proceso de curtición.
Elaborado por : Narváez, Anita. 2019.

3.12. Procedimiento Experimental

Para la siguiente investigación se utilizó 20 pieles bovinas, a las que se realizó los siguientes procedimientos para la obtención de cuero para calzado terminado.

3.12.1. Remojo, pelambre y calero

- El remojo fue el primer proceso que se debió someter a las pieles bovinas para retirar todos los restos e impurezas que puedan afectar en los posteriores procesos para lo cual primero se pesaron las pieles bovinas frescas y en con este peso se determinó las cantidades (pesos) de los distintos productos a utilizar, se realizó un baño con agua al 200% a temperatura ambiente, más 1% de tensoactivo esta mezcla con las pieles bovinas dejando reposar durante 24 horas así ayudando a hidratar la estructura fibrilar del colágeno y luego del tiempo determinado de reposo se descargó este baño.
- Para el pelambre y calero en base a los pesos de las pieles bovinas obtenida después del remojo se realizó un baño con 300% de agua, 5% de cal y 3% de sulfuro de sodio en el bombo y esta mezcla se deja rodar durante 4 horas, después dejando en reposo por 24 horas, después de este tiempo se descarga el agua del bombo.
- Posteriormente de este procedimiento se lavó las pieles con dos lavados al 200% de agua el primer lavado por 15 minutos y en el segundo lavado adicionando más el 1% de sulfato de amonio este a temperatura ambiente el mismo que se dejó en el bombo rodar 30 min y se descargó el agua.

3.12.2. Desencalado, rendido y piquelado

- Después de realizar el lavado en el proceso anteriormente mencionado se realizó para el proceso de desencalado la adición de 200% de agua y el 1 % de sulfato de amonio en base al nuevo peso que tienen las pieles, se dejó rodar en el bombo por 30 minutos. Seguido se añadió 0.5% de bisulfito de sodio dejando rodar en el bombo por 30 minutos y por último se añadió 1% de ríndete dejando rodar el bombo por 60 minutos.
- Posteriormente de todo el proceso se realizó dos lavados con 200% de agua, cada lavado se dejó rodar en el bombo por 15 minutos.

- El piquelado fue el siguiente proceso que consistió en un lavado al 200% de agua este a temperatura ambiente y el 7% de sal en grano todo el piquelado se trabaja en relación al peso esto se lo pone a rodar en el bombo durante 15 minutos, después se añade 0,5% de formiato de sodio por 15 minutos seguido se adiciona 1% de ácido fórmico diluido 1/10 en dos partes así evitando que se dañe las pieles por la acción del ácido al momento de añadir en forma directa, seguido se deja rodar el bombo por 30 minutos por cada parte que adicione el ácido.

3.12.3. Curtido

Para realizar la curtición se preparó una solución coloidal estable de sol de sílice acidificando el silicato de sodio el mismo que fue utilizado como agente curtiente debido a que químicamente se enlaza a las fibras de colágeno de las pieles estabilizándola y formando estructuras complejas.

3.12.3.1. Preparación del sol de sílice

La solución coloidal de sol de sílice se consiguió acidificando el silicato de sodio con ácido sulfúrico el mismo que se debía encontrarse en un rango de $\text{pH} < 3$. Y como respuesta se obtuvo que la solución de sol de sílice dio un pH de 2.6 indicando, así como un compuesto estable que se pudo y puede ser utilizado en los procesos de curtición y recurtición de las pieles, pero se debe tener mucha precaución al momento de realizar la mezcla del ácido sobre el silicato de sodio para evitar la formación de gel.

El silicato de sodio que fue utilizado en esta investigación, sus características son las siguientes:

Tabla 5-3: Características del sol de sílice.

Elemento	Proporción media
Proporción media en peso de SiO_2/Na_2	3.2 a 1
SiO_2	29.4% en peso
Na_2O	9.3% en peso
H_2O	61.3% en peso
Densidad	1.4105 Kg/l.

Elaborado por: Narváez, Anita 2019

- Con el silicato de sodio descrito anteriormente su solución se preparó con agua en proporción 1/5. A la solución de silicato de sodio se le añadió, en forma lenta y con agitación continua, la solución diluida de ácido sulfúrico de concentración 1/17, se mezclaron a estas dos

soluciones añadiendo más agua hasta alcanzar un volumen final requerido de acuerdo a la concentración de sol de sílice estimado de acuerdo al peso de las pieles. La solución coloidal de sol de sílice se dejó reposar por 30 minutos antes de aplicar el volumen necesario en forma directa al proceso.

- La solución coloidal de sol de sílice se preparó de acuerdo al peso de las pieles para cada tratamiento así realizando la formulación necesaria para la curtición, siguiendo la relación de concentración indicada anteriormente para la solución de silicato de sodio y ácido sulfúrico.

3.12.3.2. Curtición con Sol de Sílice

Con la técnica descrita anteriormente para preparó la solución de sol de sílice y se llevó a cabo la curtición usando los diferentes niveles de sol de sílice.

- Pasado el reposo del proceso anterior se añadió 9 % de Sol de sílice, para las primeras 5 pieles del tratamiento T1, el 12 % de Sol de sílice para las 5 pieles del tratamiento T2; el 15 % de Sol de sílice para las 5 pieles del tratamiento T3 y finalmente se adicionará el 18% de Sol de sílice para las 5 pieles del tratamiento T4 en cada uno de los tratamientos se dejó rodar durante 60 minutos. Es importante indicar que en todos los tratamientos la solución de sol de sílice tenía un pH de 2,6.
- Luego se adicionará el 0.35% de basal diluido 1/10 veces su peso y se colocará en 3 partes en un determinado intervalo de tiempo en un lapso de tiempo de 1 hora para luego rodar el bombo durante 5 horas. Terminado el proceso se verifica el pH de la solución donde están las pieles después dejar reposar las pieles toda la noche.
- Al final de este proceso se obtuvo pieles curtidas a las mismas que se realizó el proceso de raspado a un calibre de 1,5 mm de espesor, el cual es óptimo para fabricación de calzado.

3.12.4. Neutralizado y recurtido

- Una vez raspadas las pieles al espesor requerido; se pesaron las pieles para realizar el lavado y demás procesos en base al peso, se lavó al 200% de agua a temperatura ambiente, 0,2% de ácido fórmico 1/10 y 0,2% de tensoactivo se dejó rodar el bombo durante 10 minutos y se escurrió.
- Para la recurción se añadió el 200% de agua a temperatura ambiente con el 4% de

formaldehido dejando rodar el bombo por 20 minutos y posteriormente se añadió 3% de sol de sílice dejando rodar en el bombo por 60 minutos.

- Para el neutralizado se agregó el 1% de formiato por 30 minutos, finalmente se agregó 2% de bicarbonato de amonio dejando rodar el bombo por 60 minutos, después de pasado este tiempo se midió el pH de la solución que estuvo sumergida las pieles y se escurrió.

3.12.5. Tintura y engrase

- Antes de realizar el teñido de las pieles se realizaron 2 lavados con el 200% de agua, dejando rodar cada lavado por 10 minutos.
- Para el teñido y engrase se utilizó 200% de agua a 70° C de temperatura, 2% de rellente de faldas, 2% de dispersante y 2% de grasa PROVOL BA, dejando rodar por 60 minutos. Luego se añadió el 2% de anilina café de atravesado dejando girar el bombo por 60 minutos.
- Para el engrasado se añadió 3% de grasa PROVOL BA, 5% de grasa Sulphirol HF y 5 % de Synthol YY 707 cada tipo de grasa diluido a 1/10 estas grasas se dejaron rodar en el bombo por 60 minutos, luego se adicionó 2 porciones de ácido fórmico al 2% diluido 1/10 cada porción se añadió cada 20 minutos, finalmente se añadió 2% de Sol de Sílice dejando rodar en el bombo por 20 minutos y apagar el bombo dejando reposar toda esa solución hasta el otro día.

3.12.6. Secado, estacado y recortado

- Antes del secado se realizó un último lavado de los cueros al 200% de agua a temperatura ambiente dejando rodar por 10 minutos, seguido de este proceso se percharon durante 24 horas los cueros para secarlos.
- Después del tiempo transcurrido del secado se realizó el estacado que consistió en colocar los cueros sobre una plancha metálica estirando los cueros de extremo a extremo con pinzas para eliminar las arrugas en la parte de la flor de los cueros. Y por último, después ser estacado y recortados los bordes de los cueros.

3.12.7. Operaciones de acabado

- En las operaciones de acabado se realizó primero el pintado para esto se preparó la pintura. Para la preparación de un kilogramo de pintura café se usó compacto al 50%, pigmento café al 15%, uretano al 10% y agua al 25%, se realizaron 2 repeticiones por banda, dejando 10 minutos para el proceso de secado de la pintura por cada repetición.
- Una vez secos los cueros se procedió a sopletear laca al agua con la técnica en cruz a las 20 pieles, esta laca estaba compuesta por RDT 5003 al 25%, RDT 5050M al 50%, tacto al 3%, producto reticulante al 2% y agua al 20%.
- Se realizó 2 repeticiones por banda con un intervalo de secado de 10 minutos este proceso tiene como finalidad el preparar a las pieles para el proceso de prensado ya que serán sometidas a altas temperaturas y presiones que pueden dañar la pintura y la laca cumple el papel como agente protector y evitar que la prensa ocasione algún tipo de daño a la capa de pintura.
- Las principales operaciones de acabado son el prensado y lacado final, en el prensado se pudo controlar 3 variables que son la temperatura, presión y tiempo de presión. Para los 4 tratamientos se utilizó una temperatura de 80° C, por 3 segundos y 200 bar de presión y para el grabado superficial.
- El lacado final se realizó a las 20 bandas este proceso como sellante para evitar daños en los cueros a condiciones climáticas o algún daño a la capa de pintura, así garantizando una vida útil aceptable del producto que saldrá al mercado actual.

3.13. Resistencias Físicas

Los análisis de las resistencias físicas se los realizó en el Laboratorio de Resistencias Físicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, basándose en la Normas IUP, que regenta la Asociación Española en la Industria del Cuero y dicha metodología se detalla a continuación para cada uno de los ensayos de las resistencias físicas del cuero bovino que fue curtido con diferentes niveles de la solución de sol de Sílice (9, 12, 15 y 18%), que han sido planteados en la presente investigación.

3.13.1. Resistencias a la tensión

Para los resultados de resistencia a la tensión primero se realizó el corte de la probeta de cuero, de acuerdo a los requerimientos de las normas internacionales del cuero en condiciones de temperatura ambiente, la metodología a seguir será:

En un ensayo de tensión la operación se realizó tomando extremos opuestos y sujetándolos de la probeta y separándolos, la probeta se extendió en una dirección paralela a la carga aplicada, ésta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se cuidó que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario se podría falsear el resultado del ensayo. La máquina que se utilizó para realizar el test estará diseñada para:

- Alargar la probeta a una velocidad constante y continua
- Registrar las fuerzas que se aplican y los alargamientos, que se observan en la probeta.
- Alcanzar la fuerza suficiente para producir la fractura o deformación permanentemente es decir rota (fotografía 1-3).



Fotografía 1-3: Partes del equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión el cuero.

Fuente: (Laboratorio Especializado de Curtiembre de Pieles, 2019)

La evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso las normas IUP 6.

Tabla 6-3: Cálculos de medición de la resistencia a la tensión

Test o ensayos	Método	Especificaciones	Fórmula
Resistencia a la tensión o tracción	IUP 6	Mínimo 150 Kf/cm ² Óptimo 200 Kf/cm ²	T= Lectura Máquina Espesor de Cuero x Ancho (mm)

Fuente: (Laboratorio Especializado de Curtiembre de Pieles, 2019)

A continuación, se procedió a calcular la resistencia a la tensión o tracción según la fórmula detallada a continuación:

Ecuación 4-4

$$Rt = \frac{c}{A * E}$$

Dónde:

Rt = Resistencia a la Tensión o Tracción

C = Carga de la ruptura (Dato obtenido en el display de la máquina)

A = Ancho de la probeta

E = Espesor de la probeta

Para desarrollar el análisis el procedimiento a seguir fue:

- Se toma las medidas de la probeta (espesor) con el calibrador en las tres posiciones, luego se realizó una medida promedio. Este dato sirvió para aplicar en la fórmula, cabe indicar que el espesor fue diferente según el tipo de cuero en el cual se iba a realizar el test o ensayo.
- Continuando con el procedimiento, se tomó las medidas de la probeta (ancho) con el pie de rey, se realizó la medición de la longitud inicial del cuero y luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras
- Después se prendió el equipo y procedió a calibrarlo. A continuación, se elevó el display, presionando los botones negros; luego se giró la perilla de color negro-rojo hasta encerrar por completo el display.
- Finalmente se ubicó en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde

3.13.2. Porcentaje de elongación

El porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para aguantar las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos.

La elongación es una prueba necesaria ya que esta prueba se da similarmente en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las directrices y normas de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación.

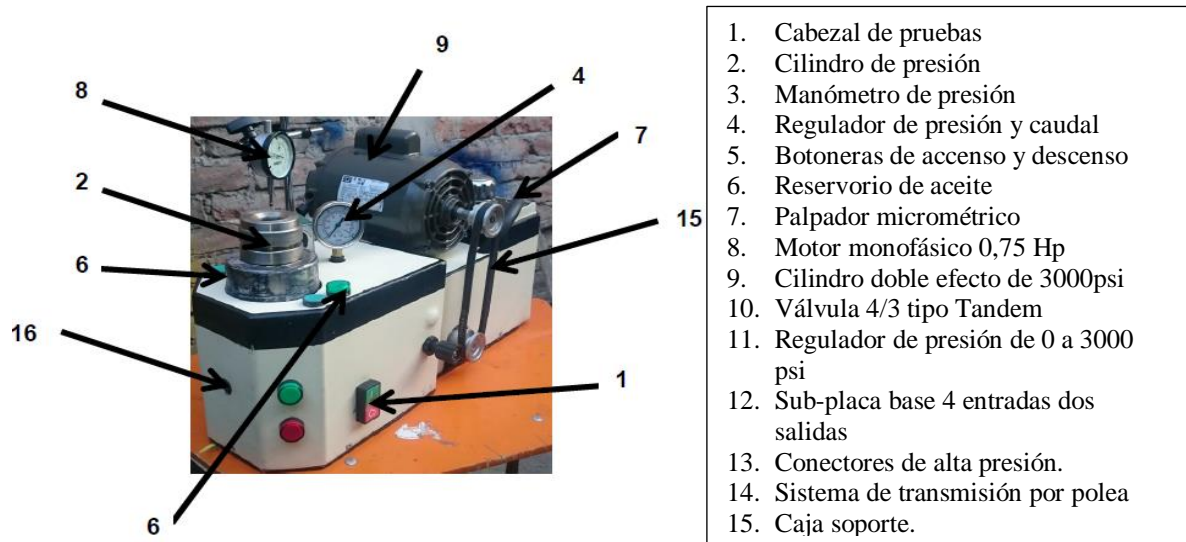
La característica principal en este ensayo fue que a diferencia del ensayo de tracción su fuerza es aplicada a la probeta por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta soportó como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por esta razón se puede indicar que ensayo fue más representativo de las condiciones normales de uso del cuero, en las que éste se encuentra sometido a esfuerzos múltiples en todas las direcciones. El procedimiento seguir se describe a continuación:

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introdujeron en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas estarán fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al poner en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta se separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarro del cuero hasta su rotura total.
- Finalmente se anotó la fuerza inicial, final y se realizó el cálculo del porcentaje de elongación

3.13.3. Lastometria

La prueba de lastometria nos sirvió para determinar la deformación que le llevó al cuero de la forma plana original a la forma espacial. Provocando así una fuerte tensión en la capa de flor debido que la superficie debía alargarse más que el resto de la piel para ajustarse a la forma espacial. Si la flor no fue lo suficientemente elástica para acomodarse a la nueva situación se

quebró y se agrietó. Para ensayar la aptitud al montado de las pieles que deben soportar una deformación de su superficie se utilizó el método IUP 9 basado en el lastómetro. En la ilustración de la fotografía 2-3, se indica el equipo denominado lastómetro.



Fotografía 2-3. Partes del equipo para medir la Lastometria del cuero.

3.14. *Análisis sensorial*

Para los análisis sensoriales se realizó una valoración a través de la señal de los sentidos que son los que mostraron que características debían presentar cada uno de los cueros bovinos dando una valoración de la siguiente manera: 5 a excelente; 3 a 4 muy buena; 1 a 2 buena y menos de 1 baja; en lo que se refiere a los parámetros de blandura, soltura de flor y llenura.

- Para valorar el parámetro de blandura se sometió a repetidos dobleces el cuero para comprobar la flexibilidad que presenta el cuero al doblarse bajo la acción de su propio peso relacionando que cuando la blandura es mejor esta acción es más rápida, la cual se la podrá determinar a través del sentido de la vista y del tacto, ya que se observó la deformación y se dio el valor de la sensación que provocó al regresar a su estado inicial, suponiendo el movimiento que se realizó en el armado y en el uso diario.
- Para la valoración de soltura de flor se procedió primeramente a realizar palpaciones utilizando el sentido del tacto para determinar la sensación que provoca el cuero bovino, posteriormente se verifico especialmente en la parte de las faldas si existía o no soltura es decir arrugas, el desprendimiento de la capa flor de la capa corion al desaparecer la unión flor corium. De estas apreciaciones se determinará en una escala de 1 a 5 la posición del cuero de acuerdo a la evaluación sensorial.

- Llenura : La valoración de la llenura fue realizada por un analista experimentado, el cual al palpar el cuero bovino curtido con diferentes niveles de sol de sílice determino el espesor y valoró el grado de llenado de la estructura fibrilar del cuero, dándole valores de 1 a 5 (1 cueros nada llenos y 5 cueros muy llenos).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.12. Evaluación de las resistencias físicas de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado

4.12.1. Resistencia a la tensión, N/cm^2

Al realizar la evaluación estadística de la resistencia a la tensión de las pieles bovinas se determinó diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), por efecto del nivel de sol de sílice aplicado a la curtición inorgánica, estableciéndose los resultados más altos al utilizar el 18 % de sol de sílice (T4), con valores medios de $2342.14 N/cm^2$, a continuación se aprecian los resultados expuestos al curtir con 12 % de sol de sílice (T2), puesto que los resultados fueron de $2136.54 N/cm^2$; así como también al curtir con 15 % de sol de sílice (T3), con tensiones medias de $1687.33 N/cm^2$, en tanto que las respuestas más bajas fueron registradas al aplicar niveles más bajos de sol de sílice con medias de (T1) $1262.27 N/cm^2$, como se indica en la tabla 1-4.

Tabla 1-4: Evaluación de las resistencias físicas de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado.

VARIABLE	NIVELES DE SOL DE SILICE %				Prob	Sign
	9% T1	12% T2	15% T3	18% T4		
Resistencia a La Tension, N/cm^2	1262.27 c	2136.54 a	1687.33 b	2342.14 a	6E-06	**
Porcentaje de Elongacion,%	85.00 a	87.50 a	81.00 a	91.50 a	0.13	ns
Lastometria , mm	10.05 a	10.06 a	10.07 a	10.08 a	0.29	ns

abc: Las variables que presenten diferentes letras en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

EE: Error estadístico

Prob: Probabilidad.

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

Es decir que al aplicar el 18 % de sol de sílice al curtido inorgánico de las pieles bovinas se consigue las mejores respuestas de resistencia a la tensión al respecto (Bacardit, 2004), manifiesta que el sol de sílice reaccionan con compuestos ácidos, cuando las soluciones de concentraciones relativamente alta se acidifican, los aniones de silicato soluble se polimerizan hasta formar un gel. Cuando se acidifican sílices disueltos de concentraciones relativamente diluidas se pueden formar soles activados. El grado de polimerización de los aniones de las soluciones de silicato de sodio depende de la concentración de la solución, temperatura pH y otros factores.

La gelación ocurre muy rápidamente al pH neutro. Pueden ocurrir retrasos en los tiempos de gelación (soles inestables) en rangos de pH 8-10 y 2-5. La formación gel es generalmente muy rápida en el rango intermedio (5-8). Los soles de sílice coloidal pueden prepararse a partir de silicatos de sodio por medio de un intercambio de iones, diálisis y otros medios a sílice activada, que es utilizada en tratamiento de agua de desperdicio industrial o municipal.

El sol de sílice coloidal puede usarse para el curtido de pieles, reforzamiento de polímeros sintéticos, terminado de telas y cubiertas.

La neutralización del silicato con soluciones ácidas o gases, forma capas de gel de baja solubilidad pero que son de alguna manera frágiles y temporales por naturaleza sin embargo al combinarse con el colágeno de la piel bovina se introduce hasta lo más profundo del entretamo fibrilar reforzándolo para que no se produzca roturas con mínimos esfuerzos que es el fundamento la prueba de resistencia a la tensión.

Los resultados de la resistencia a la tensión del presente trabajo, que determinaron una media 1857.07 N/cm^2 cumplen con la normativa europea de la (Asociación Española en la Industria del Cuero, 2002 pág. 1), que en la norma técnica IUP 6 (2002), infiere como límite permisible de 800 a 1500 N/cm^2 , para cueros bovinos, siendo mayor esta superioridad en los cueros del tratamiento T4 es decir al curtir con 18 % de sol de sílice (2342.14 N/cm^2).

Los resultados expuestos en la presente investigación son inferiores a los expuestos por (Meléndrez, 2019 pág. 56), quien al realizar la evaluación de diferentes niveles de silicato de sodio en combinación con guarango utilizados para la curtición de pieles caprina registró los mejores resultados al llevar a cabo una curtición mixta con 10 % de silicato de sodio (T5) con un valor de 2861.42 N/cm^2 , Así como de (Puente, 2018), quien a realizar la aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo registró por efecto de la inclusión de diferentes niveles de

Caelsalpinia Spinoza (tara), en combinación con 5 % de oxazolidina, los resultados más altos en los cueros del tratamiento T2 (15%), puesto que la tensión fue de 2717,64 N/cm²

En el análisis de la regresión de la resistencia a la tensión de las pieles bovinas que se ilustra en el gráfico 1-4, se identificó que los valores se dispersan hacia una tendencia cubica altamente significativa ($P < 0,01$), donde se infiere que partiendo de un intercepto de 33577 N/cm², la tensión se eleva en 817400, al incluir 12 % de sol de sílice para posteriormente descender en 0.000006 al aplicar a la fórmula del curtido 15 % de sol de sílice y finalizar ascendiendo en 0.00007 cuando se adiciona en el curtido 18 % de sol de sílice.

Además el coeficiente de determinación fue de 80.62 % mientras tanto que el 19.38 % restante depende de otros factores no estudiados en la presente investigación como son la calidad de la materia prima, así como también la exactitud en la pesada de los elementos químicos.

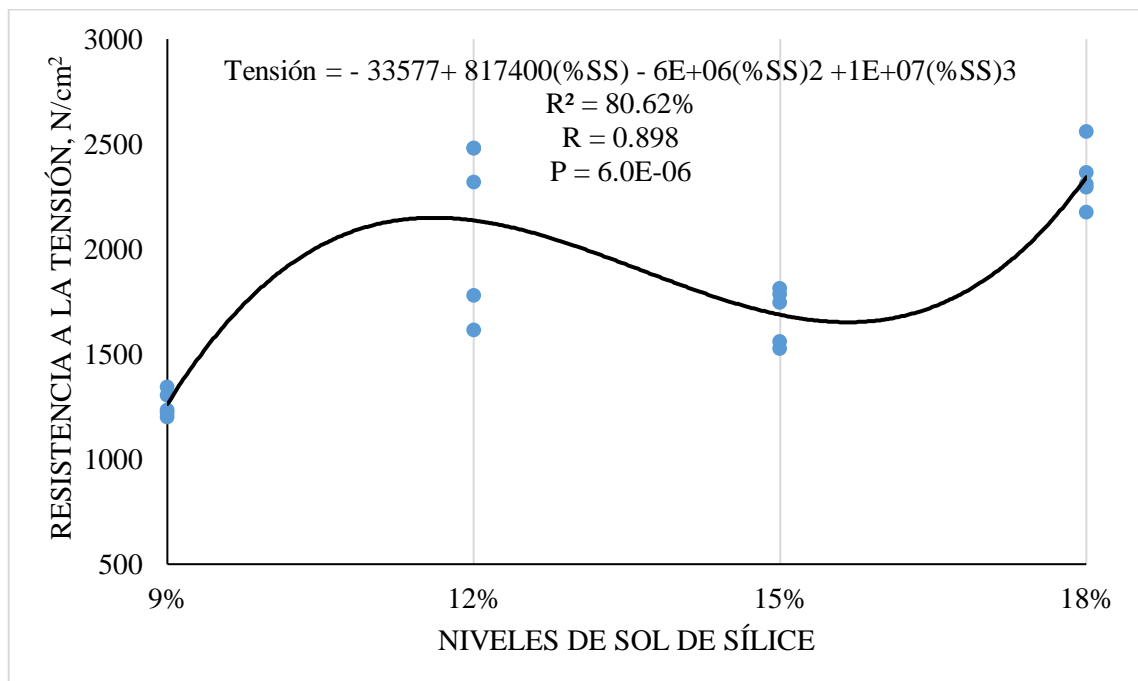


Gráfico 1-4: Regresión de la resistencia a la tensión de la curtición inorgánica con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado

*%SS= Porcentaje de sol de sílice

Elaborado por: Narvaez, Anita, 2020

El coeficiente de correlación fue de $r = 0.898$ que indica un grado de asociación positivo alto de donde se interpreta que a medida que se aumentan los niveles de sol de sílice en el curtido inorgánico de las pieles bovinas existirá un aumento con mayores porcentajes de curtiente en forma altamente significativa ($P < 0.01$).

4.12.2. Porcentaje de elongación, %

Los valores determinados por el porcentaje de elongación de las pieles bovinas no reportaron diferencias estadísticas ($P>0,05$), por efecto de la curtición inorgánica con sol de sílice a diferentes niveles. Aunque de carácter numérico se aprecia que la elongación más alta se consiguió en el tratamiento T4 (18% de sol de sílice), ya que el valor reportado fue de 91.50% y que desciende a 87.50% en la muestra de las pieles del Tratamiento T2 (12% de sol de sílice);

A continuación se aprecian las respuestas de las pieles del tratamiento T1 (9% de sol de sílice), con un porcentaje de elongación del 85.00%, en tanto que la elongación más baja fue la registrada en la muestra del tratamiento T3 (15% de sol de sílice), cuya respuesta fue de 81.00%, como se ilustra en el gráfico 2-4.

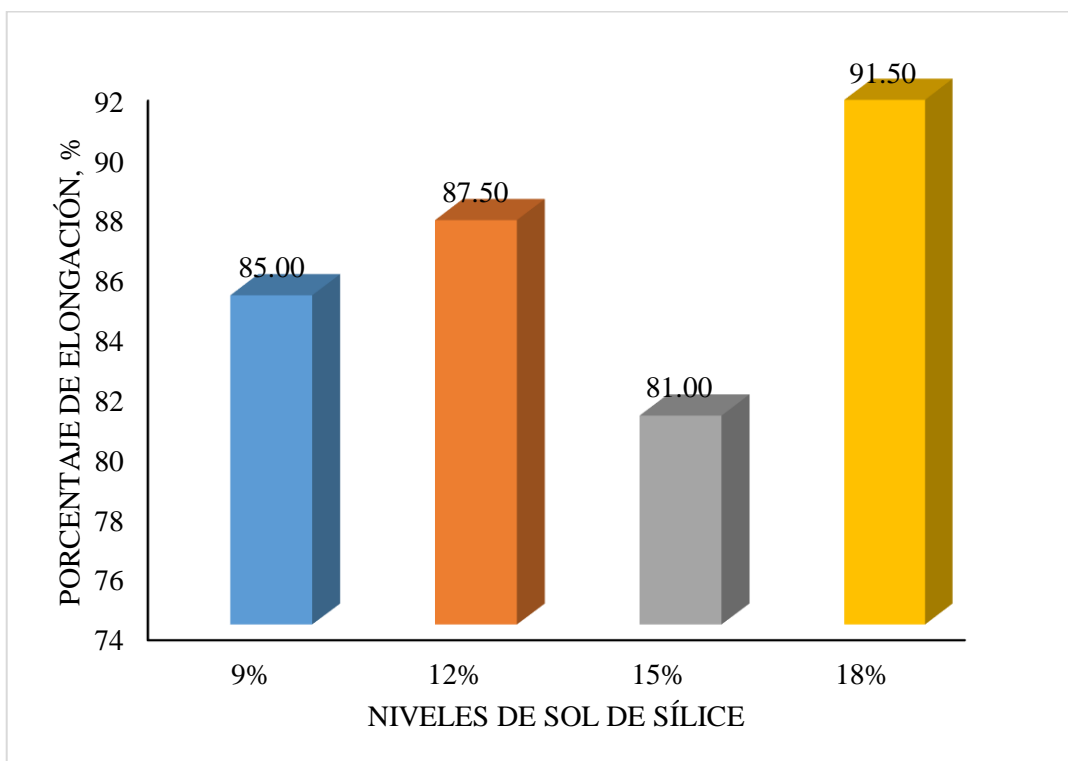


Gráfico 2-4: Porcentaje de elongación de la curtición inorgánica de pieles bovinas con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado.

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

De los resultados expuesto se afirma que al aplicar mayores niveles de sol de sílice (18 %), se consigue mejorar la elongación de los cueros bovinos destinados a la confección de calzado lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Soler, 2004 pág. 56), quien menciona que el porcentaje de elongación proporciona información sobre el estado de la resistencia estructural de la piel para conocer hasta qué punto puede alargarse. El fenómeno de elasticidad que le otorga a las pieles la

curtición es debido al tipo de enlace que se forme con el curtiente sol de sílice y a la ubicación en el plano de las mismas, para permitir que se desplacen adecuadamente

Por lo tanto, es necesario aplicar el curtiente adecuado para conseguir el ablandado adecuado de las pieles y así lograr un cuero más flexible, para que se pueda alargar sin perder su forma ni romperse, en el momento de la confección. Las determinaciones que más indican el probable comportamiento del cuero destinado a la confección de calzado en las operaciones de transformación en artículos de consumo y en el uso final son: la resistencia al desgarro, porcentaje de elongación resistencia y alargamiento a la tracción.

Así mismo (Bacardit, 2004), manifiesta que el sol de sílice se forma a partir del silicato de sodio acuoso, acidificando este compuesto inorgánico a un pH menor que 3, el cual es estable, capaz de utilizarse en la curtición y recurtición de pieles bovinas para que las fibras no se contraigan hasta el punto de producir una elongación baja sino todo lo contrario las vuelve elásticas y muy dúctiles. Por lo tanto, la solución de sol de sílice coloidal obtenido puede crear estructuras complejas y estables con las fibras de colágeno de la piel, ya que mientras más espacio exista entre las fibras se pueden acomodar evitando que las pieles se desgarren al elongarse el momento de la confección o su uso.

El valor del porcentaje de elongación expuestos en la presente investigación superan las exigencias de calidad reportadas por la (Asociación Española en la Industria del Cuero, 2002), que infiere como límites permisibles antes de producirse la primera fisura en el entretejido fibrilar valores que se encuentren de 40 a 80%, de acuerdo a la norma técnica IUP 6 (2002), siendo mayor este margen de superioridad con el empleo de niveles más altos de sol de sílice (T4 con 91.50 %).

Al realizar las comparaciones con otros autores se aprecian que las respuestas expuestas en la presente investigación que tienen el referente un valor de 91,50 % al utilizar 18 % de sol de sílice son superiores a los reportes de (Meléndrez, 2019), quien indica que los mejores resultados se reportan al llevar a cabo una curtición mixta con 10% de silicato de sodio en combinación con 8% de guarango (T5) dando un valor de 66.25%.

Así como de (Puente, 2018), quien reporta que para el resultado de porcentaje de elongación de los cueros vacunos no determinó diferencias estadísticas ($P > 0,05$), por efecto de la inclusión de diferentes niveles de tara en combinación con oxazolidina, determinado los resultados más altos al curtir con el 18% tara en combinación con 5 % de oxazolidina (T3) , con reportes de 61,54 %.

4.12.3. Lastometría, milímetros

En la evaluación estadística de la resistencia física de lastometría procedente de los distintos tratamientos para el proceso de curtición, no se aprecia diferencias estadísticas ($P > 0.05$), por efecto del nivel de sol de sílice aplicado a la curtición de pieles bovinas. Sin embargo, de carácter numérico se puede estimar que las pieles del tratamiento T4 es decir curtidas con el 18% de sol de sílice registraron promedios de 10.08 mm. En tanto que las pieles del tratamiento T3 (15% de sol de sílice) registraron un promedio de 10.07mm. seguido de los valores del tratamiento T2 (12%) con 10.06 mm. Finalmente, el valor mínimo que fue de 10.05 mm, se obtuvo al curtir las pieles con 9% con sol de sílice, como se ilustra en el gráfico 3-4.

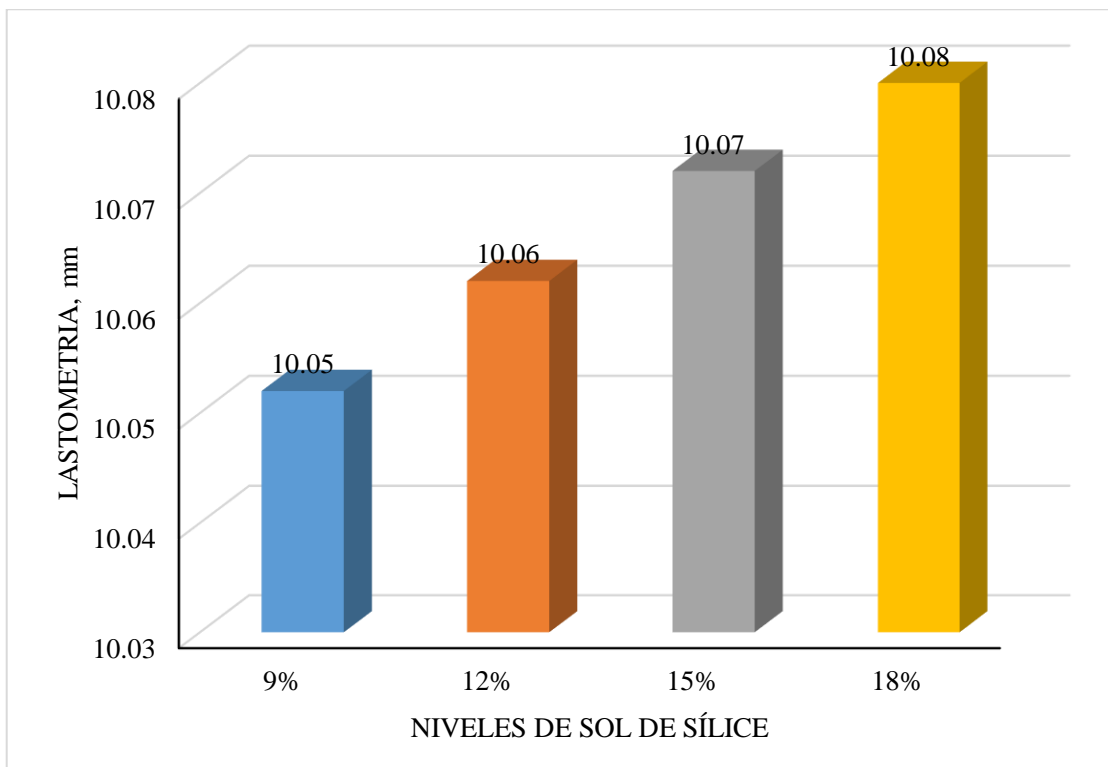


Gráfico 3-4: Comportamiento en lastometría de la curtición inorgánica de pieles bovinas con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado.

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

Es decir que cuanto más sol de sílice de los niveles evaluados (18 %), se aplique en la curtición, mayor será su lastometría, porque existe mayor distensión de las fibras de colágeno, lo que confiere al cuero alta resistencia al desgaste por uso y una buena calidad sensorial.

Lo que es corroborado con las apreciaciones de (Hidalgo, 2004 pág. 56), quien menciona que sol de sílice es una dispersión acuosa transparente muy fina de dióxido de silicio.

Los cueros obtenidos por curtición a la sílice son blancos, lavables solidos a la luz, pero presentan inconvenientes tales como deficientes resistencia a la tracción y al desgarre y a una cierta tendencia a la rotura de flor, para lo cual se transforma en sol de sílice y se refuerza en la curtición con otros productos que refuercen en entretamo fibrilar.

Al reaccionar con el colágeno de la piel para provocar la transformación de piel en cuero suele ingresar hasta lo más profundo del entretejido fibrilar para reforzar su estructura e impedir que se quebrante fácilmente al roce con otros cuerpos, asemejando la fricción ocasionada el momento del armad con los instrumentos que para ello se utiliza o en el momento de dar el paso sea con su mismo análogo o con cuerpos adyacentes

Al comparar los resultados alcanzados por la lastometría de las pieles bovinas de la presente investigación (10.08 mm), con la normativa de calidad de la (Asociación Española en la Industria del Cuero, 2002), que en la norma técnica IUP 9 (2002), manifiesta que las pieles deben superar valores de 7,5 mm para lograr cumplir las exigencias de cuero destinado a la confección de calzado masculino, se observa que se está cumpliendo al aplicar los diferentes niveles de sol de sílice y es indicativo de que el proceso de curtición inorgánica se realizó de una manera óptima.

Los resultados de la presente investigación que son más eficientes al utilizar el 18 % de sol de sílice (10.08 mm), son similares a los reportes de (Meléndrez, 2019 pág. 66), quien registró los mejores resultados de lastometría al curtir con 10% de silicato de sodio (T5) con un valor de 9.97 mm, pero son inferiores al ser comparadas con las respuestas de (Yáñez, 2019 pág. 67) , quien al realizar una curtición mixta inorgánica (cromo), y orgánico (mimosa), en pieles bovinas registró las respuestas más altas al aplicar 14% de mimosa (T1), con resultados de 10.10 mm.

4.12.4. Temperatura de contracción

La valoración estadística de la temperatura de contracción no reporto variabilidad en sus medias, por efecto de los diferentes niveles de sol de sílice aplicados al curtido de las pieles bovinas puesto que el valor de temperatura de contracción todos sus valores son iguales es decir 75 °C en cada una de las repeticiones para los distintos niveles de sol de sílice, al no existir diferencias o variabilidad entre los datos de los distintos tratamientos realizados en el proceso de curtición, el valor de probabilidad va a ser nula.

Por esta razón únicamente se representa esquemáticamente los resultados de la temperatura de contracción en el gráfico 4-4, estableciendo que al realizar una curtición con sol de sílice no existe diferencia en este parámetro físico-mecánico, pero todos los tratamientos cumplen con los límites

permisibles de la normativa IUP 12, referente a cuero en cuanto a la temperatura de contracción, puesto que el valor al que se contrae fue de 75 °C.

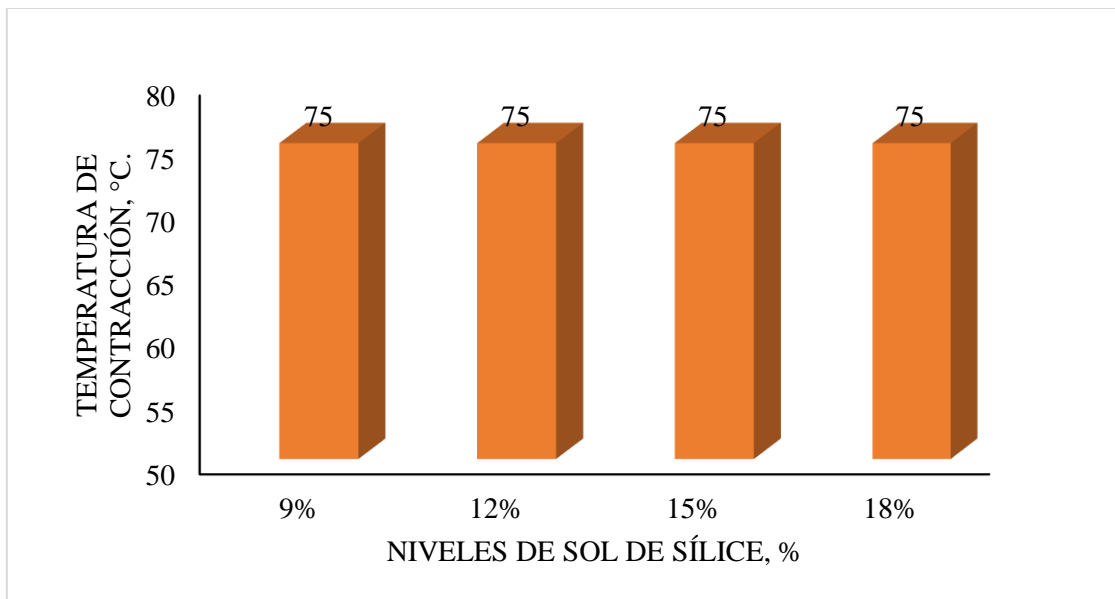


Gráfico 4-4: Análisis de temperatura de contracción de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

4.13. Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado

4.13.1. Llenura, puntos

En la evaluación estadística de la llenura de las pieles bovinas, se registró diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) según el criterio Kruskal Wallis por efecto de la aplicación en el proceso de curtición inorgánica diferentes niveles de sol de sílice, observándose que los resultados de llenura de los cueros alcanzan una calificación superior en las pieles del tratamiento T4 es decir al utilizar una curtición con sol de sílice al 18% puesto que las ponderaciones fueron de 4.80 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2019),

Similar resultado se aprecia con respecto a las pieles del T3 que lograron puntuaciones de 4.20 puntos al curtir con 15% de sol de sílice y su calificación fue de muy buena de acuerdo a la mencionada escala. Además, se indica que un valor inferior de 2.80 puntos fue reportado en las pieles del tratamiento T2 (12% de sol de sílice), y la calificación sensorial fue buena, mientras tanto que las respuestas más bajas fueron determinadas en las pieles del Tratamiento T1 (9% de sol de sílice) con una ponderación de 2.40 puntos y calificación buena.

Tabla 2-4: Evaluación de las calificaciones sensoriales de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado

VARIABLE	NIVELES DE SOL DE SILICE				Prob	Sign	EE
	9%	12%	15%	18%			
Llenura, puntos	2.40 b	2.80 b	4.20 a	4.80 a	0.00	**	0.26
Blandura, puntos	1.80 d	3.00 c	4.00 b	4.80 a	0.00	**	0.14
Soltura de flor, puntos	2.00 c	3.00 b	3.60 b	4.60 a	0.00	**	0.23

abc: Las variables que presenten diferentes letras en la misma fila difieren estadísticamente ($P < 0,01$).

EE: Error estadístico

Prob: Probabilidad.

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

Es decir que al utilizar mayores niveles de sol de sílice se consigue una llenura adecuada del cuero destinado a la confección de calzado lo que tiene su fundamento en lo expuesto por (Hidalgo, 2004 pág. 78), quien indica que la piel tiene en su composición fibras, que se unen por medio de puentes de hidrógeno para formar el colágeno, que facilita el cambio en las propiedades físicas de la estructura de la piel para la curtición proporcionando una llenura adecuada que mejora la calidad sensorial del cuero.

Además (Bacardit, 2004 pág. 34), manifiesta que el sol de sílice es una solución coloidal de alta hidratación molecular de partículas de sílice dispersas en agua, es inodoro, insípido y no tóxico, La medida de sus partículas que oscila entre las 10 y 20 milimicras, ofrece una excelente dispersión y penetración cuando se mezcla con otros materiales, esto es debido a su baja viscosidad, es por esta característica que al utilizarse en el curtido de pieles bovinas lograr llenar los espacios interfibrilares concediendo de la llenura ideal para que el calzado no se deforme en el momento del uso.

Los resultados de la calificación de llenura de las pieles bovinas son superiores al ser comparadas con las respuestas de otros autores como son (Yáñez, 2019 pág. 76), quien estableció las mejores respuestas cuando se curtió las pieles con el 16% de mimosa (T3) en combinación con 5 % de cromo, con ponderaciones de 4,50 puntos y calificaciones de excelente. Así como de (Meléndrez,

2019 pág. 71), quien reporta los mejores resultados al curtir con el 15% de silicato de sodio (T2) y 8% de silicato de sodio (T4) con un valor de 4.67 puntos y calificación excelente.

Mediante el análisis de la regresión de la llenura de los cueros bovinos que se ilustra en el gráfico 5-4, se estableció que los resultados se dispersan hacia una tendencia lineal positiva altamente significativa ($P < 0.01$), y que establece que partiendo de un intercepto de 0.32 la llenura se incrementa en 28.667 por cada unidad de cambio en el nivel de sol de sílice aplicado a la fórmula de curtido inorgánico de las pieles bovinas.

Además, se aprecia un coeficiente de determinación (R^2), de 74.11 %, en tanto que el restante 25.89 % depende de otros factores no considerados en la investigación como son la calidad de la materia prima, que al ser un producto perecible puede presentar ciertas condiciones que le diferencian unas de otras.

La interpretación del coeficiente correlacional de Pearson que fue de $r = 0.86$ determina un grado de asociación positivo es decir que con el incremento en los niveles de sol de sílice aplicado a la formulación de la curtición inorgánica de las pieles bovina se tendrá un incremento en la calificación de llenura en forma altamente significativa ($P < 0.01$).

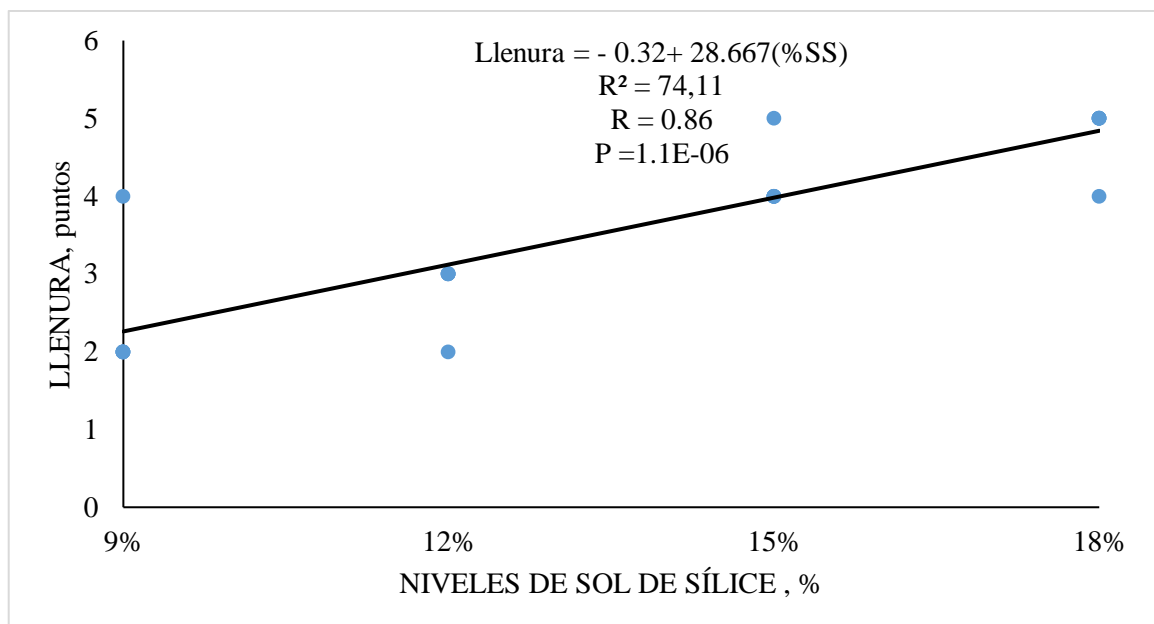


Gráfico 5-4: Regresión de la llenura de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado

*%SS= Porcentaje de sol de sílice
Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

4.13.2. Blandura, puntos

Al realizar el análisis estadístico de la variable sensorial de blandura, se aprecia diferencias altamente significativas, ($P < 0.01$), de acuerdo al criterio Kruskal Wallis, por efecto del nivel de sol de sílice aplicado a la curtición de las pieles bovinas.

Por lo que se evidencia que el tratamiento que alcanzó la máxima puntuación correspondiente a 4.80 puntos fue el tratamiento T4 (18% de sol de sílice), y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2019 pág. 1), a continuación se aprecian la puntuación de 4.0 puntos que se obtuvieron en las pieles del tratamiento T3 (15% de sol de sílice), y que se ajustan a una calificación de muy buena según la mencionada escala.

Posteriormente se ubican las respuestas alcanzadas del tratamiento T2 (12% de sol de sílice), con una calificación de 3.0 puntos, y ponderación buena existiendo únicamente una ponderación baja de 1.80 puntos, en las pieles del tratamiento T1 donde la aplicación de sol de sílice fue de 9%.

Es decir que al utilizar mayores niveles de sol de sílice (18%), se mejora la calificación de blandura de los cueros que según (Libreros, 2003 pág. 32), es una característica sensorial muy difícil de conseguir ya que depende de muchos factores especialmente por los productos empleados o la calidad de la materia prima por lo que es sumamente necesario tomar muy en cuenta la utilización de curtidores inorgánicos para conseguir este fin, especialmente en el proceso de curtición, puesto que ayudan a dar suavidad al mismo al abrir las fibras de colágeno para que ingrese el sol de sílice que es el agente curtiente que reemplaza al cromo hasta el interior del colágeno.

El sol de sílice tiene la propiedad de colocarse en todos los espacios vacíos y llenar más entre fibras, debido a que estas se pongan más verticales en relación a la superficie de la piel, tanto más cuanto más astringente sea el curtiente colocado (generalmente al final de la curtición), y por ello reducir algo el área de la misma, pero teniendo en cuenta que al no ser elásticas las pieles, pueden recobrar su área inicial es decir regresar fácilmente las dimensiones utilizando las máquinas de repasar, estirar, clavar o similares, para que conserven fácilmente

Además (Calle, 2018 pág. 21), menciona que la curtición con sílice se utiliza en combinación con otros productos. Las pieles se tratan con silicato y se trata con formaldehídos, sales de cromo, silicatos dobles de sodio y otros metales tales como aluminio, hierro, cromo y zirconio. De todos los procesos indicados el que tiene más aplicación en la práctica es la precurtición con sales de cromo y la recurtición con silicato obteniéndose un cuero bastante blando, sólido a la luz, de felpa relativamente fina y con una resistencia a la tracción elevada para tener interés comercial.

Los resultados expuestos en la presente investigación son superiores (4.80 puntos), al ser comparados con los de otros autores como son (Meléndrez, 2019 pág. 74), quien registró que los mejores resultados para la calificación de blandura de los cueros se obtuvieron al curtir tanto con 10 % de silicato de sodio (T5) como al curtir únicamente con 15 % de silicato de sodio (T2) con un valor de 4.67 puntos y calificación excelente, así como también de (Yáñez, 2019 pág. 72), quien reportó que la blandura en los cueros curtidos con 14 % de mimosa (T1), registraron los mayores resultados, es decir 4,50 puntos y calificación excelente.

En cuanto al análisis de regresión por la significancia de los datos al realizar su comparación entre los diferentes niveles de sol de sílice ($P < 0.01$) se reportó una tendencia lineal positiva como se observa en el gráfico 6-4, de donde se desprende que partiendo de un intercepto de 1.1 se va aumentando este valor en 33.3 por cada nivel de sol de sílice añadido en la curtición.

El 93.28 % fue de coeficiente de determinación el mismo que es aceptable ajustándose los datos a la recta, además, se establece que existe variables que no se pueden controlar y vienen asociados con el error experimental del diseño y que corresponden a un 6.72 %

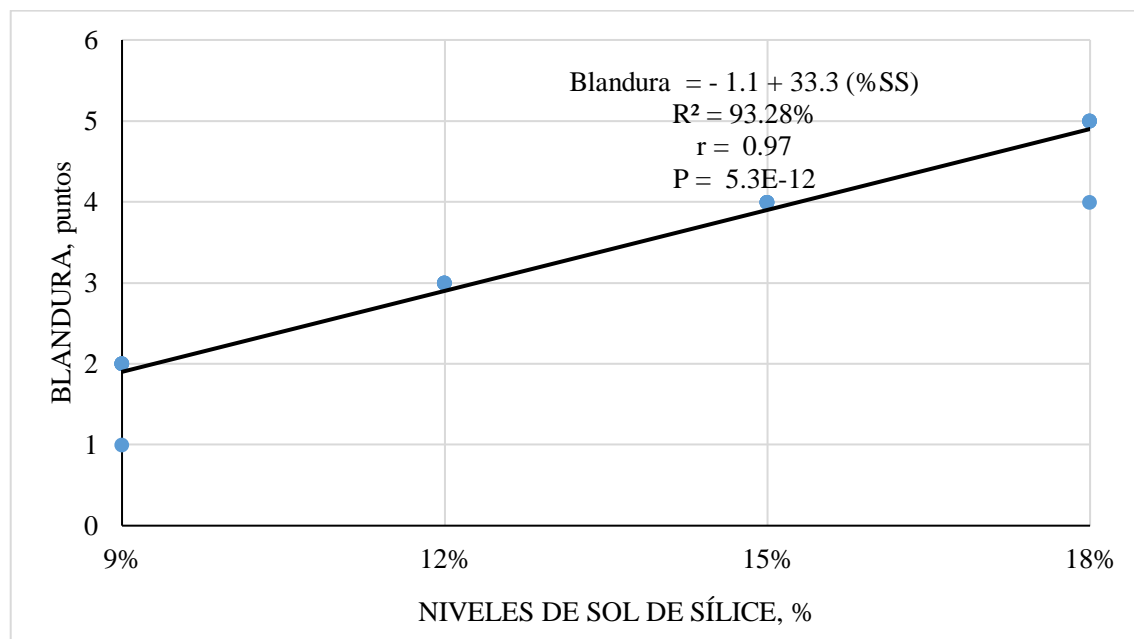


Gráfico 6-4: Regresión de la blandura de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cueros de calzado

*%SS= Porcentaje de sol de sílice
Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

Además; se aprecia que el coeficiente de correlación de Pearson fue de $r = 0.97$ es decir que la relación es alta y positiva y manifiesta que a medida que se incrementan los niveles de curtiente

inorgánico sol de sílice en la formulación del curtido de las pieles bovinas la calificación de blandura también se elevará en forma altamente significativa ($P < 0.01$).

4.13.3. Soltura de flor, puntos

El análisis de la variable soltura de la flor, determinó diferencias altamente significativas, según el criterio Kruskal Wallis por efecto de la Curtición inorgánica con diferentes niveles de sol de sílice en pieles bovinas. Al realizar la separación de medias según Tukey ($P < 0.01$), se aprecia que los registros alcanzados en las pieles del tratamiento T4 (18% de sol de sílice) cuyos valores son de 4.60 puntos y calificación excelente de acuerdo a la escala propuesta por (Hidalgo, 2019) son los más altos de la investigación.

A continuación, se aprecian las respuestas determinadas en las pieles del tratamiento T3 (15% de sol de sílice), con una ponderación de 3.60 puntos y calificación muy buena. Las respuestas para las pieles del tratamiento T2 (12% de sol de sílice), reportaron valores de 3 puntos y calificación buena. Finalmente, los resultados más bajos fueron registrados en las pieles del tratamiento T1 (9% de sol de sílice) con una calificación de 2 puntos y calificación baja.

Según las apreciaciones de (Artigas, 2007 pág. 32) es necesario realizar una curtición adecuada sobre todo para que en el momento del ablandado que consiste en romper mecánicamente la adhesión entre fibras que se produce a consecuencia del secado lograr darle flexibilidad ya que si el ablandado no es correcto la piel no se flexionara correctamente volviéndose rígida y apareciendo la temida soltura de flor que se pone de manifiesto al doblar la piel con la flor hacia dentro de la doblez debido entre otros hechos, a que la tendencia natural de la piel es doblarse al revés (con la flor hacia fuera), por lo que las fibras de la flor son más compactas y se comprimen con dificultad, lo cual provoca que la flor tenga poca tendencia a comprimirse sobre sí misma.

En la regresión por la significancia de los datos se reportó una tendencia lineal positiva como se observa en el gráfico 7-4, partiendo de un intercepto de 0,48, aumentando este valor en 28.0 por cada nivel de la solución de sol de sílice añadido en la curtición de las pieles bovinas. El coeficiente de determinación fue de $R^2 = 79.46\%$ que es aceptable ajustándose los datos a la recta, además, se establece que existe variables que no se pueden controlar y vienen asociados con el error experimental del diseño, en un porcentaje de 20.54 %.

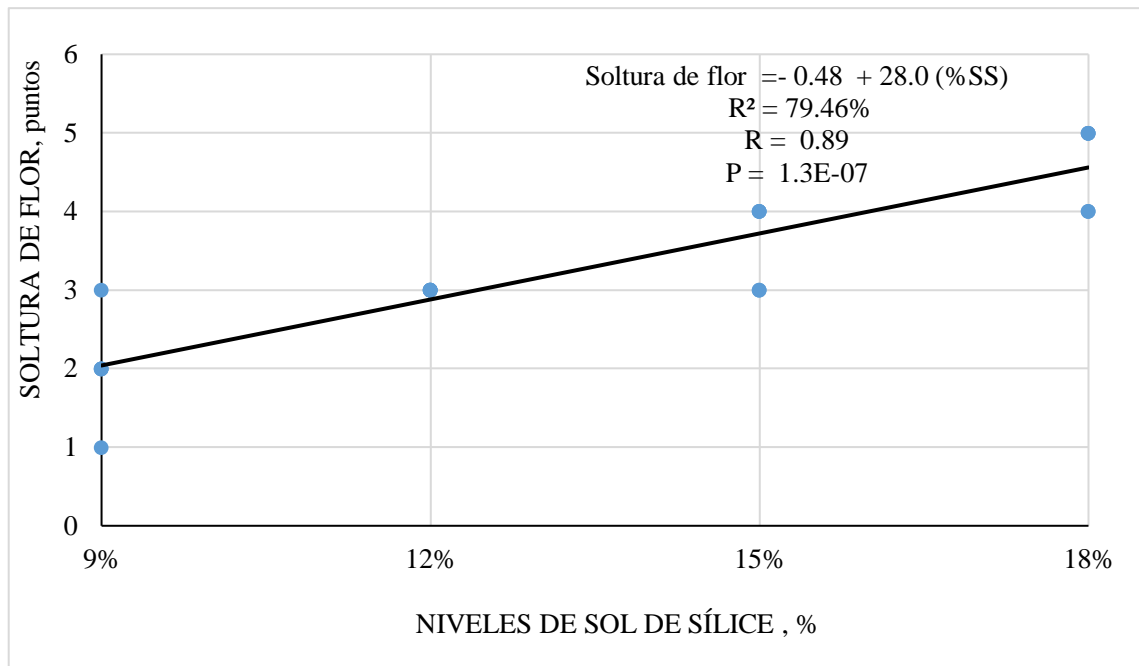


Gráfico 7-4: Regresión de la soltura de flor de las pieles bovinas curtidas inorgánicamente con diferentes niveles de sol de sílice para cuero de calzado

*%SS= Porcentaje de sol de sílice

Elaborado por: Narváez, Anita, 2020

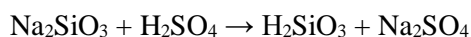
El coeficiente de correlación de Pearson fue de $r = 0.89$, es decir se aprecia una asociación positiva alta de donde se desprende que a medida que se incrementan los niveles de curtiente inorgánico sol de sílice en la fórmula de curtido de las pieles bovinas existirá un incremento porcentual en la calificación de soltura de flor en forma altamente significativa.

4.14. Balance de masa de la curtición con sol de sílice

Para determinar el rendimiento en el uso de sol de sílice, es fundamental dividir en dos etapas el proceso de curtición de este, la primera etapa constituye en la reacción de obtención de sol de sílice y la segunda etapa en las reacciones llevadas a cabo en el reactor (bombo de curtición), por lo que es necesario entender las reacciones químicas que se llevan a cabo y como cada uno de los reactivos actúan.

4.14.1. Obtención del sol de sílice

Para el proceso de obtención del coloide fue necesario la reacción de silicato de sodio con ácido sulfúrico; esta reacción fue llevada a cabo a condiciones normales ya que es una reacción exotérmica y se produce sin la adición de algún tipo de energía; la reacción que se produjo entre las dos sustancias fue la siguiente:



Para realizar el balance de masa es necesario establecer el balance general del flujo de alimentación y de salida como se muestra a continuación:

$$\{\text{Flujo de salida}\} - \{\text{Flujos de entrada}\} = \{\text{Flujo de reacción}\} \text{ Ec. 1 - 4}$$

En la ecuación 1-4 no se toma en cuenta la acumulación de reactivos ya que todo lo producido en esta etapa será recolectado para la curtición con sol sílice, con esta aclaración lo primero para realizar el balance de masa es determinar el reactivo limitante; de acuerdo con la formulación se realizó la preparación de las sustancias con una proporción 1/5 ($\text{Na}_2\text{SiO}_3/\text{H}_2\text{O}$) y 1/17 ($\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$); teniendo así que el reactivo limitante es igual a:

$$\begin{aligned} \text{Índice Molecular del silicato de sodio} &= \frac{\text{Fracción de sodio} * \text{Peso de la piel}}{\text{Peso molecular del silicato de sodio}} \\ \text{Índice Molecular del silicato de sodio} &= \frac{0.2 * 10}{122.06} \\ \text{Índice Molecular del silicato de sodio} &= 0.016 \end{aligned}$$

El mismo procedimiento se utiliza para la solución de ácido sulfúrico:

$$\begin{aligned} \text{Índice molecular de } \text{H}_2\text{SO}_4 &= \frac{\text{Fracción de } \text{H}_2\text{SO}_4 * \text{Peso de la piel}}{\text{Peso molecular del silicato de sodio}} \\ \text{Índice molecular de } \text{H}_2\text{SO}_4 &= \frac{0.059 * 10}{98.079} \\ \text{Índice molecular de } \text{H}_2\text{SO}_4 &= 0.0059 \end{aligned}$$

Al ser menor el valor del índice molecular para el ácido sulfúrico este es el que se utilizara como reactivo limitante y en base a este se realizaran los cálculos para determinar el rendimiento de la reacción y la cantidad de sol de sílice. A continuación, se debe determinar cuánto de sol de sílice se obtuvo en base a la cantidad de iones hidrógenos obtenidos. Esto es necesario realizarlo ya que se conoce el pH al inicio y al final de la reacción con lo que es más práctico determinar la concentración.

$$[H] = 10^{\Delta pH}$$

Dónde:

[H]: Concentración de iones hidrógeno, kg/l.

ΔpH : Diferencia de pH en el inicio y final de la reacción. Teniendo en consideración un pH inicial de la muestra igual a 9 y al final un pH igual a 2,6

$$[H] = 10^{-6.4}$$

$$[H] = 0.0016 \frac{kg}{l}$$

Para determinar la cantidad de sol de sílice producido, al conocer la concentración de iones hidrógeno generados y de acuerdo con el balance estequiométrico de la reacción química, esta cantidad se obtendrá de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Masa\ de\ sol = \frac{C_H * V_s * PM_s}{2 * PM_H}$$

Dónde:

C_H : Concentración de iones hidrogeno, kg/l.

V_s : Volumen de solución de ácido sulfúrico, l.

PM_s : Peso molecular de sol de sílice, kg/kmol.

PM_H : Peso molecular de hidrogeno, kg/kmol.

$$Masa\ de\ sol = \frac{0.0016 * 20 * 77.06}{2 * 1} \quad Masa\ de\ sol\ de\ sílice = 1,28\ kg$$

Esta cantidad de sol de sílice es la que se tomara en cuenta para el balance de masa en el bombo de curtición, además de que conociendo la cantidad de sol de silicio obtenido y la cantidad de silicato de sodio adicionado para la reacción, se calcula el rendimiento para este paso de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Rendimiento = \frac{Masa\ de\ sol\ de\ sílice\ obtenida}{Masa\ de\ silicato\ de\ sodio\ a\ la\ entrada} * 100$$

$$Rendimiento = \frac{1.28}{2} * 100$$

$$Rendimiento = 64.02\%$$

4.14.2. Balance de masa en la curtición de las pieles

El proceso de reacción química en la etapa de curtición es muy amplio, ya que hay que tener en consideración las reacciones paralelas que se producen a lo largo de las cadenas en el enlace peptídico lo cual dificultara la idea generalizada del proceso de reacción en el bombo y dificultara la consecución de resultados plausibles que puedan dar una comprensión mayor de la obtención de pieles curtidas con este producto.

Para evitar este efecto y simplificar el proceso de cálculo y obtener datos lo más reales posibles, se tomará en cuenta únicamente la reacción química que se da entre el sol de sílice y la glicina (principal componente del colágeno en la piel animal). Primero hay que hacer los ajustes necesarios para determinar el contenido aproximado de este compuesto en las fibras colagénicas de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de glicina} = \%CP * \% GC$$

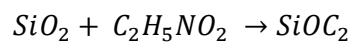
Dónde:

%CP: Contenido de colágeno en la piel, kg colágeno / Kg Piel (de acuerdo con el autor (Meisenberg, 2016) este es igual a 70% en la piel animal)

%GC: Contenido de glicina en la piel, kg Glicina / kg Colágeno), (de acuerdo con el autor (Meisenberg, 2016) este es igual a 33% en la piel animal).

$$\begin{aligned} \text{Contenido de glicina} &= 0.7 * 0.33 \\ \text{Contenido de glicina} &= 0.231 \frac{\text{kg de Glicina}}{\text{kg de piel}} \end{aligned}$$

Una vez obtenido el porcentaje de glicina en la piel, es necesario conocer la reacción que se da entre la sílice y la cadena de glicina; esto conociendo que el sol en solución acuosa tiende a desprotonarse quedando iones hidrogeno y oxígeno que en el seno de la reacción forman agua, y con esto el compuesto que producirá la reacción es el óxido de silicio (SO₂). Este por su característica tiende a formar compuestos estables con los enlaces carbono - carbono de la glicina; teniendo una aproximación de la reacción como sigue:



Esta es la reacción que dirige el proceso de transformación del colágeno en piel curtida. Teniendo en cuenta esta reacción para el balance de masa se obtendrá la siguiente ecuación:

$$\{\text{Flujo de salida}\} - \{\text{Flujos de entrada}\} = \{\text{Flujo de reacción}\} \text{ Ec. 2 - 4}$$

Para determinar el rendimiento de la reacción será necesario calcular la cantidad teórica de glicina que se debería obtener si la reacción se diera de manera aislada y se comparara con la cantidad real de pieles obtenidas al realizar la reacción bajo las condiciones establecidas en la etapa

experimental de la investigación, para determinar la cantidad teórica es necesario obtener el reactivo limitante de acuerdo a los siguientes cálculos:

$$\text{Índice Molecular de glicina} = \frac{\text{Fracción de glicina} * \text{Peso de la piel}}{\text{Peso molecular de glicina}}$$

$$\text{Índice Molecular de glicina} = \frac{0.231 * 10}{75.07}$$

$$\text{Índice Molecular de glicina} = 0,03$$

El mismo procedimiento se utiliza para la cantidad de sol de silicio adicionado:

$$\text{Índice molecular de } H_2SO_4 = \frac{\text{Fracción de } H_2SO_4 * \text{Peso de la piel}}{\text{Peso molecular del silicato de sodio}}$$

$$\text{Índice molecular de } H_2SO_4 = \frac{1.28 * 10}{78.064}$$

$$\text{Índice molecular de } H_2SO_4 = 0.16$$

Al ser menor el índice de masa para el sulfato de sodio; este es el reactivo limitante que se utilizara para los cálculos a realizarse. De acuerdo con la reacción química la cantidad ideal de silicio que reacciona con la piel debe ser igual a:

$$\text{Masa de producto obtenido} = \frac{\text{Masa de glicina} * PM(SiOC_2)}{PM \text{ glicina}}$$

$$\text{Masa de producto obtenido} = \frac{2.31 * 68.09}{75.07}$$

$$\text{Masa de producto obtenido} = 2.09 \text{ kg}$$

En relación a los datos obtenidos en el laboratorio, sustituyendo en la ecuación 4-2 la cantidad real de sol de sílice que se impregno en la piel fue igual a:

$$\{\text{Flujo de salida}\} - \{\text{Flujos de entrada}\} = \{\text{Flujo impregnado}\}$$

$$\{\text{Flujo impregnado}\} = 11.80 - 10$$

$$\{\text{Flujo impregnado}\} = 1.80 \text{ kg}$$

Con estos datos se puede calcular la cantidad de sol de silicio que no reacciona con la piel de acuerdo con el siguiente cálculo:

$$\text{Cantidad de sol no utilizado} = \text{Cantidad teorica} - \text{Cantidad real}$$

$$\text{Cantidad de sol no utilizado} = 2.09 - 1.80$$

$$\text{Cantidad de sol no utilizado} = 0.29 \text{ kg}$$

Conocido el dato de la cantidad de silicato de sodio adicionado al inicio de la reacción química y la cantidad de silicio que se obtuvo al final de la curtición, se calcula el rendimiento final de la curtición; aclarando que los cálculos se realiza para una sola piel para tener una apreciación más exacta de las transformaciones que se llevan a cabo en la curtición con la adición de sol de silicio; esto se realiza de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento global} = \frac{\text{Flujo de sol de sílice impregnado}}{\text{Flujo de silicato de sodio adicionado}} * 100$$

$$\text{Rendimiento global} = \frac{1.8 \text{ kg}}{2 \text{ kg}} * 100$$

$$\text{Rendimiento global} = 90\%$$

4.15. Comprobación de hipótesis

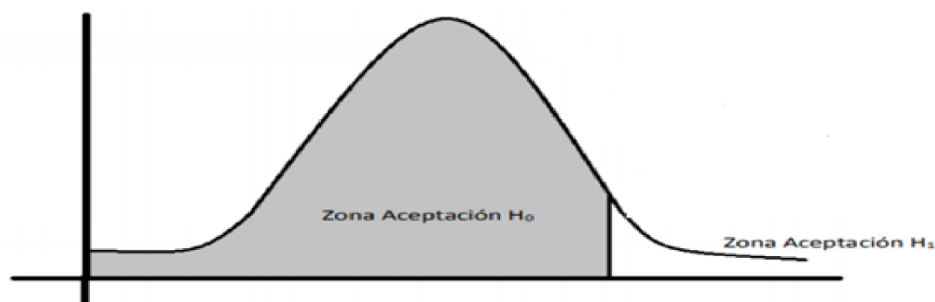
4.15.1. Hipótesis general

H1: El uso de diferentes niveles de sol de sílice si cumple con la normativa de calidad vigente en las pieles bovinas para calzado al ser utilizadas en el proceso de curtición.

Ho: El uso de diferentes niveles de sol de sílice no cumple con las normativas de calidad vigente en las pieles bovinas para el calzado al ser utilizadas en el proceso de curtición

Para la prueba de aceptación se utilizó la prueba estadística chi cuadrado que compara las medias; de acuerdo con los resultados obtenidos el valor de probabilidad fue menor a 0.05 con lo que se acepta la hipótesis nula que indica que el cuero curtido con sol de sílice si cumple con los estándares de calidad vigente para pieles bovinas, esto indica que es una tecnología que logra curtir a las pieles alcanzando buenas características y que pueden ser comparables con las de cromo.

Con lo que el uso de curtientes en base a la sílice esto debido a las reacciones químicas que se da entre la sílice y los componentes activos del colágeno, además que se puede entender estos resultados por las características similares de la sílice y del cromo al pertenecer a la misma familia de metales y tener características de formar complejos metálicos en la superficie del metal; además de que las condiciones de reacción se cumplieron para que los iones se encuentren reactivos.



Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	60,000 ^a	54	,0267
Razón de verosimilitud	55,452	54	,420
Asociación lineal por lineal	8,568	1	,003
N de casos válidos	20		

a. 76 casillas (100,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es ,25.

4.15.2. Hipótesis Alternativa 1

H1: ¿La curtición inorgánica a los diferentes niveles (9,12, 15 y 18%) propuestos ayudará a conocer cuál es la concentración ideal de sol de sílice a utilizar a nivel industrial?

H0: ¿La curtición inorgánica a los diferentes niveles (9,12, 15 y 18%) propuestos no ayudará a conocer cuál es la concentración ideal de sol de sílice a utilizar a nivel industrial?

Para comprobar la hipótesis específica se aplicó el método de Shapiro Wilk para determinar la interacción de los niveles de agente curtiente y las características físicas y sensoriales de la piel, al obtener un valor de probabilidad mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa; con lo cual no se pudo conocer cuál es el nivel óptimo que cambia las características del cuero. La característica general de la sílice al reaccionar con los ácidos orgánicos que se encuentran en la piel logra curtir la misma ya que logra estabilizar las cadenas peptídicas que se encuentran reactivas en la etapa de rivera. Pero este no se ve afectado por la cantidad de agente curtiente que se utiliza, sino que para cambiar las características finales del cuero los factores que mayormente afectan en la reacción es el pH del medio reactivo que es el que dirige las reacciones de formación de las cadenas carbono-oxígeno y sílice.



Pruebas de normalidad

	Niveles	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la tensión	9,00	,274	5	,200*	,899	5	,407
	12,00	,274	5	,200*	,827	5	,133
	15,00	,274	5	,200*	,841	5	,167
	18,00	,234	5	,200*	,938	5	,648
Porcentaje de elongación	9,00	,258	5	,200*	,925	5	,563
	12,00	,166	5	,200*	,989	5	,977
	15,00	,241	5	,200*	,902	5	,421
	18,00	,159	5	,200*	,990	5	,980
Lasometría	9,00	,229	5	,200*	,907	5	,449
	12,00	,309	5	,134	,853	5	,203
	15,00	,330	5	,079	,735	5	,021
	18,00	,300	5	,161	,883	5	,325

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

4.15.3. Hipótesis específica 2

H1: ¿Los análisis físicos – mecánicos, sensoriales y temperatura de contracción de los cueros cumplen con las especificaciones de los organismos reguladores de la calidad del cuero destinado a la confección de artículos de calzado?

H0: ¿Los análisis físicos – mecánicos, sensoriales y temperatura de contracción de los cueros no cumplen con las especificaciones de los organismos reguladores de la calidad del cuero destinado a la confección de artículos de calzado?

Para comprobar la hipótesis específica se aplicó el método de Shapiro Wilk para determinar la interacción de los niveles de agente curtiente y las características físicas y sensoriales de la piel, al obtener un valor de probabilidad menor a 0.05 se acepta la hipótesis nula; con lo cual se afirma que los cueros obtenidos con la curtición con sol de sílice cumplen con las normativas establecidas para la confección de calzado.



Pruebas de normalidad

	Niveles	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Llenura	9,00	,473	5	,001	,552	5	,000
	12,00	,473	5	,001	,552	5	,000
	15,00	,473	5	,001	,552	5	,000
	18,00	,473	5	,001	,552	5	,000
Blandura	9,00	,473	5	,001	,552	5	,000
	12,00	.	5	.	.	5	.
	15,00	.	5	.	.	5	.
	18,00	,473	5	,001	,552	5	,000
Soltura de flor	9,00	,300	5	,161	,883	5	,325
	12,00	.	5	.	.	5	.
	15,00	,367	5	,026	,684	5	,006
	18,00	,367	5	,026	,684	5	,006

a. Corrección de significación de Lilliefors

Este punto es el de mayor importancia en la investigación ya que para que los cueros logren remplazar a los curtidos con cromo será necesario que las características sensoriales y físicas del cuero curtido con tecnologías alternativas sean iguales o superiores a la de los cueros curtidos con cromo, además de que se agrega el valor adicional de que no se contamina y que disminuye el impacto general de la industria curtiembre.

4.16. Evaluación económica de los cueros bovinos terminados

En la siguiente investigación se calculó los costos de producción de cada una de las bandas terminadas de los cueros bovinos, los costos varían de acuerdo al peso de los cueros en cada tratamiento y el porcentaje de los químicos empleados en cada tratamiento. Para evaluar el costo del Sol de Sílice coloidal utilizado como agente curtidor de esta investigación, se consideró de acuerdo al porcentaje de sol de sílice que debía ser preparado. Para cada tratamiento se tomó en cuenta volumen necesario de silicato de sodio y el ácido sulfúrico grado industrial.

Tabla 3-4: Costos de producción de los cueros bovinos terminados curtidos con sol de sílice.

Etapa	Producto/Químico	%	USD/Kg	T1	T2	T3	T4
Materia prima	Piel cruda bovina		5	25,00	25,00	25,00	25,00
Insumos	Energía Eléctrica		0,12	5,40	5,40	5,40	5,40
	Agua Potable	7200	0,00065	1,73	1,68	1,68	1,64
Pelambre	Tenso Activo	1	3	1,11	1,08	1,08	1,05
	Cal – Ca(OH) ₂	4,1	0,24	0,36	0,35	0,35	0,34
	Sulfuro de Sodio- Na ₂ S	2,5	1,45	1,34	1,31	1,31	1,27
Desencalado	Sulfato de amonio – ((NH ₄) ₂ SO ₄)	2	0,6	0,44	0,43	0,43	0,42
	Bisulfito de sodio (Na ₂ S ₂ O ₅)	0,5	1,3	0,24	0,23	0,23	0,23
Rendido	Rindente	0,5	3,8	0,70	0,68	0,68	0,66
Piquelado	Sal común – NaCl	7	0,08	0,21	0,20	0,20	0,19
	Formiato de Sodio (HCOONa)	0,5	1,4	0,26	0,25	0,25	0,24
	Ácido fórmico – (H-COOH) -dilución 1/10	0,2	2,3	0,17	0,17	0,16	0,16
Curtido	Sol de Sílice	T1:9% T2:12% T3:15% T4:18%	0,26	0,85	0,83	1,38	1,61
Recurtido y Neutralización	Ácido fórmico – (H-COOH) -dilución 1/10	2,2	2,3	1,86	1,82	1,81	1,76
	Tenso activo	0,2	3	0,22	0,22	0,21	0,21
	Aldehído Tensotan 45G	4	6,9	10,17	9,91	9,88	9,58
	Sol de sílice	3	0,26	0,46	0,46	0,46	0,46
	Formiato de Sodio (HCOONa)	1	1,4	0,52	0,50	0,50	0,49
	Bicarbonato de Amonio	0,2	2,2	0,16	0,16	0,16	0,15
Tintura y engrase	Rellenante de faldas	2	3,8	2,80	2,73	2,72	2,64
	Dispersante de grasa - agotamiento	2	3,6	2,65	2,58	2,58	2,50
	Grasa PROVOL BA	5	4,1	7,55	7,36	7,34	7,11
	Anilina café de atravesado	2	8,6	6,34	6,17	6,16	5,97
	Sulphirol HF	5	3,9	7,19	7,00	6,98	6,77
	Synthol YY 707	5	4	7,37	7,18	7,16	6,94
	Sol de sílice	5	0,26	0,77	0,77	0,77	0,77
Acabado	Pintura	2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Laca	2	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Costo/Tratamiento				89,48	88,08	88,49	87,14
Costo/Cuero				17,90	17,62	17,70	17,43
Costo/dm ²				0,18	0,18	0,18	0,17

*: Costo de Energía Eléctrica USD/kW.

** : Costo Agua Potable USD/m³

Realizado por: Anita Narvaez, 2020

Una vez evaluado los costos de producción del cuero bovino terminado, se obtuvo que el valor por dm^2 de cuero terminado esta entre 0.17 - 0.18 USD, este valor se encuentra dentro de los estándares de producción tomado como referencia de (Puente, 2018), donde los costos estándares de producción se encuentra entre 0.12 – 0.20 USD/ dm^2 por cuero terminado. Por tal motivo es importante mencionar que este proceso productivo genera rentabilidad además que los agentes químicos utilizados tienen accesibilidad para el productor ya que se encuentra en el mercado, pero se debería utilizar todos los agentes químicos de procedencia nacional para abaratar costos de producción.

Además, se menciona a continuación en la Tabla 4-4, los costos para la producción de cuero terminado a base de sales de cromo como agente curtiente sin tomar en cuenta los costos de los agentes curtientes utilizados en esta investigación (sol de sílice, aldehído) todos los valores de pesos de las pieles serán utilizado para la producción de estos cueros terminados la producción de cuero wet blue es decir cueros a base de cromo.

Tabla 4-4: Costos de producción de cueros terminados a base de sulfato de cromo en el proceso de curtición.

ETAPA	%	PRODUCTO QUÍMICO	USD/Kg	T1	T2	T3	T4
Peso de las pieles				36,85	35,9	35,8	34,7
CURTIDO	7	Sulfato de Cromo	1,6	4,13	4,02	4,01	3,89
COSTO / TRAT				81,36	80,13	80,01	78,61
COSTO / CUERO				16,27	16,03	16,00	15,72
COSTO / dm^2				0,16	0,16	0,16	0,16

Realizado por: Narvaez Anita, 2020

Los costos de producción por dm^2 de cuero terminado curtido con sales de cromo es menor ya que presenta un valor de 0.16 USD / dm^2 comparado con los costos de producción de cuero terminado a base de sol de sílice. A pesar que los cueros curtidos con sales de cromo tienen un menor precio y excelente calidad no son competitivos en el mercado internacional por ser curtidos con cromo por este motivo se está buscando un agente curtiente que lo reemplace y presente las mismas o similares características al curtir con cromo y además que genere menos impacto ambiental y así beneficiar al ambiente y economía del país.

4.17. Relación beneficio costo

Al realizar la evaluación económica de la producción de cueros bovinos curtidos con diferentes niveles de sol de sílice se determina que los egresos totales producto de la compra de pieles, productos químicos y procesos mecánicos, así como de la confección de artículos fue de \$132.55; \$134.85; \$139.85; y de \$141.5 al curtir inorgánicamente las pieles bovinas con 9,12,15 y 18 % de sol de sílice, como se indica en la tabla 5-4.

Tabla 5-4: Evaluación de la relación beneficio costo del cuero bovino curtido con diferentes niveles de sol de sílice

CONCEPTO	NIVELES DE SOL DE SÍLICE, %			
	T1 9 %	T2 12 %	T3 15 %	T4 18 %
Compra de pieles bovinas, unidad	5	5	5	5
Costo por piel bovina	5	5	5	5
Valor de pieles bovinas	25	25	25	25
Productos para el remojo	7.95	7.95	7.95	7.95
Productos para el curtido	21.20	23.50	28.50	30.15
Productos para engrase	19.3	19.3	19.3	19.3
Productos para acabado	21.1	21.1	21.1	21.1
Confección de artículos	38	38	38	38
Total de egresos	132.55	134.85	139.85	141.5
INGRESOS				
Total de cueros producidos pies ²	68	76	72	79
Costo cuero producido pies ²	1.95	1.77	1.94	1.79
Cuero utilizado en confección	60	64	69	74
Excedente de cuero	8	12	3	5
Venta de excedente de cuero	12	18	4.5	8
Venta de artículos confeccionados	160	170	184	197
Total de ingresos	172	188	188	204
Tasa de retorno	12%	12%	12%	12%
Valor presente	178.75	190.67	205.56	220.46
Valor de egresos presentes	157.73	160.47	166.42	168.39
Relación beneficio costo	1.13	1.19	1.24	1.31

Realizado por: Narvaez Anita, 2020

Una vez que se ha confeccionado los artículos y se ha comercializado tanto estos productos como el excedente del cuero se determinó ingresos de \$ 178.75 \$ 190.67 \$205.56 \$ 220.46 para los tratamientos T1 (9%), T2 (12%), T3 (15%), y T4 (18%),

Por lo que al confrontar los ingresos con los egresos se obtuvo la relación beneficio costo que fue la más alta la utilizar mayores niveles de sol de sílice es decir 18 % con valor nominar de 1.31 o lo que es lo mismo decir que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 31 centavos, en tanto que la utilidad más baja fue la reportada en los cueros que se curtió con niveles más bajos

de sol de sílice ya que este valor decreció a 1.13 es decir que por cada dólar invertido se espera una rentabilidad del 13 centavos de dólar , en tanto que valores intermedios se obtuvieron al curtir con 12 y 15 % de sol de sílice con respuestas de 1.19 y 1.24 es decir utilidades de 19 y 24 centavos por cada dólar invertido

Al determinarse utilidades que fluctúan entre 31 y 24 % se afirma que el curtido inorgánico es una actividad sumamente rentable puesto que supera ampliamente al de otras actividades similares con menor riesgo económico y sobre todo más amigable al ambiente puesto que se prescinde del curtiente cromo que resulta nocivo para el ecosistema no solo al ser depositado en los residuos de la tenería sino cuando los artículos han culminado su vida útil y son desechados a botaderos donde puede todavía seguir contaminando.

CONCLUSIONES

- Al efectuar la curtición inorgánica de pieles bovinas se aprecia que los diferentes niveles de sol de sílice actúan profundamente en el colágeno para transformarlo en un cuero imputrescible que puede ser utilizado para confección de artículos de primera calidad
- Una vez evaluado el cuero se pudo determinar que la concentración óptima de sol de sílice utilizada en la curtición de pieles bovinas para cueros de calzado fue el 18 % puesto que se consigue el fortalecimiento del entretejido fibrilar para que no se rompa ni se deteriore al aplicar las diferentes fuerzas que simulan el momento de la confección del artículo final.
- Las pruebas físicas del cuero determinaron la mayor resistencia a la tensión (2342.14 N/cm²) porcentaje de elongación (91.50 %), y lastometría (10.08 mm), al utilizar el 18 % de sol de sílice y que superan ampliamente las exigencias de calidad de los organismos reguladores. resultados similares se presentan para las calificaciones sensoriales de Llenura (4.80 puntos) Blandura, (4.80 puntos) Soltura de flor, (4.60 puntos), puesto que la mayores puntuaciones se consiguen con el nivel indicado (18 %)
- Los costos de producción por dm² de cuero terminado curtido con sales de cromo es menor ya que presenta un valor de 0.16 USD /dm² comparado con los costos de producción de cuero terminado a base de sol de sílice que fue de 0.18. Sin embargo, la relación beneficio costo fue mayor puesto que se consigue valores de 1.31 es decir una utilidad del 31 % que es muy alentadora sobre todo tomando en cuenta las condiciones del mercado que está inundado de productos asiáticos y de las condiciones de la económica del país que no está pasando los mejores momentos.

RECOMENDACIONES

De las conclusiones expuestas se puede deducir las siguientes recomendaciones

- Se recomienda utilizar una curtición inorgánica utilizando el curtiente sol de sílice puesto que la transformación de la piel en cuero es más amigable con el ambiente ya que se preside del curtiente cromo que es nocivo al ambiente
- Es aconsejable utilizar mayores niveles de sol de sílice puesto que el producto que se obtiene presenta mayores prestaciones físicas y calificaciones sensoriales es decir una materia prima para la confección de calzado muy apreciada tanto por las personas que comercializan cueros como los fabricantes que pueden competir con productos de mercados más exigentes
- Para obtener mayor rentabilidad en el proceso de curtición es recomendable curtir con el 18% de sol de sílice puesto que se consigue superar al de otras actividades similares y sobre todo con una relación positiva entre la producción y el medio ambiente
- Se recomienda replicar la presente investigación utilizando el nivel adecuado de sol de sílice (18 %), pero en otras pieles de interés zootécnico como son ovinos, caprinos, especies menores para asegurar la veracidad del paquete tecnológico creado en la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Adzet, Joseph.(2005). Química Técnica de la Tenaria. Segunda edición. Madrid, España. : Romanya Vallas, 2005. pp. 12-35.
- Amaya, Zalacain, A. (2001). Estudio de extractos tánicos a partir de hoja de zumaque *Rhus coriaria* L. Universidad Castilla La Mancha. Albacete. Castilla, España 2001 . pp. 67 -79
- Artigas, Manuel.(2007). Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles. 1 a. Barcelona, : Latinoamericana, 2007. pp. 56-89
- Asociación Española En La Industria Del Cuero.(2002). Normas tecnica. Normas tecnicas para la resistencias fisicas del cuero. s. Barcelona, España : AQUIC, 2002. pp. 1-3.
- Bacardit, Anna (2004).. Química Técnica del Cuero. Segunda Edicion. Cataluña, : COUSO., 2004.. pp. 12-52-69.
- Calle, Sebastian. (2018). Características del Silica gel . [En línea] 2018. [Citado el: 13 de Febrero de 2018.]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/371425273/Silica-Gel>.
- Cardenas, M. (2012). *Caesalpinia spinosa* o *Caesalpinia tinctoria* .Todo sobre la Tara. [En línea] 2012. [Citado el: 04 de Mayo de 2019.] Disponible en: <http://taninos.tripod.com/>.
- Churata, Miguel Angel.(2003) Curticion de pieles. Segunda Edición . Tacna, Peru : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2003. pág. 12 - 34.
- Cotance, Albert. (2004). Ciencia y Tecnología en la Industria del Cuero . Igualada , España : Curtidores Europeos, 2004. pág. 21 - 64
- Coulson, Jeremias. Operaciones Básicas de Ingeniería Química. Barcelona, España : Reverté, 2003 . pp. 482 – 483.
- Dellmann, Hamilton . Histología Veterinaria. Segunda Edición Zaragoza, España : Acribia., 2009. pp 31 - 59

- Esparza, Jaime.(2019). Proceso de curtido y acabado del cuero . [En línea] 2019. [Citado el: 22 de Mayo de 2019.] Disponible en : <http://wernerapazaunt.blogspot.com/2014/10/proceso-de-curtido-y-acabado-de-cuero.html>.
- Espinoza, Joselo.(2017). “Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador”. [En línea] 2017. [Citado el: 23 de Agosto de 2019.] disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>.
- Font, Joseph.(2006). Libro de calidad para la producción de piel y cuero libre de cromo (VI). Tercera Edición.. Igualada , España: Escola d’Adoberia d’Igualada, 2006. pp 19-29.
- Fontalvo, J. Características de las películas de emulsiones acrílicas para acabados del cuero. Medellín, Colombia : Edit. Rohm and Hass., 2009. pp. 19 – 41.
- Gonzales, Jakeline. Del curtido vegetal al curtido al cromo y al wet white. [En línea] 2016. [Citado el: 03 de Septiembre de 2019.] Disponible en: <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/productos-para-curtiembre/procesos-de-curtido-ecotan.html>.
- Herfeld, Kimberly. Investigación en la mecanización racionalización y automatización de la industria del cuero. Moscú, Rusia : Chemits , 2004. pp 42 -51
- Hidalgo, Luis. Escala de calificación sensorial de los cueros bovinos curtidos con diferentes niveles de sol de sílice. Riobamba, Ecuador : ESPOCH, 2019. p1
- Hidalgo, Luis.(2004), Texto básico de Curtición de pieles. Segunda Edición Riobamba, Ecuador. ESPOCH. 2004. pp. 11 – 57.
- Játiva, Samuel. Determinación de los micronichos que albergan guarango en la sierra ecuatoriana y evaluación como fungicida. Quito, Ecuador : Jatavis, 2011. pp. 28-33.
- Julivo, B. 2016. Metodos de Extraccion e Identificacion de Taninos. [En línea] 2016. [Citado el: 09 de Mayo de 2019.] . Disponible en: <https://es.scribd.com/document/334032289/Metodos-de-Extraccion-e-Identificacion-de-Taninos>.

- Laboratorio Especializado De Curtiembre De Pieles. Equipos para la mediciond de las resitencias fisicas del cuero. Riobamba, Ecuador : ESPOCH, 2019. p1
- Lacerca, Martiniano.(2003). Curtición de Cueros y Pieles.. Buenos Aires,Argentina : Limusa, 2003. pp. 121 - 167.
- Lafuente, Luissana. Introducción a la química orgánica. México, DF , México: Universitat Jaume I., 2003. pp 35 - 41
- Libreros, Joseph.(2003). Manual de Tecnología del cuero. Igualada, españa : EUETII., 2003. pp. 13 – 24, 56, 72.
- López, Juliana & JAÉN , Jeremias. Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica. [En línea] 2012. [Citado el: 06 de Mayo de 2019.] Disponible en: file:///Dialnet-ExtraccionYEvaluacionDeTaninosCondensadosAPartirDe-4835665.pdf.
- Meisenberg. Hamilino.2016. Principios de la bioquímica medica. Boston, Estados Unidos : Simmons, 2016. ISBN 479. p1
- Meléndrez, Freddy. Evaluación de diferentes niveles de silicato de sodio en combinación con guarango utilizados para la curtición de pieles caprinas .Tesis para Magister en química Aplicada. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamb, Ecuador : 2019. pp 35 - 71
- Merizalde, Nicolai. Curtición vegetal, extractos vegetales de tara y valonea . [En línea] 21 de Enero de 2017. Disponible en: <http://www.martin-natur.es/curticion-vegetal/>.
- Montessory, Alisson. Datos característicos sobre el Glutaraldehído. [En línea] 2014. [Citado el: noviembre de 22 de 2018.] Disponible en: https://www.dow.com/microbial/la/es/glutaraldehyde/Fast_Facts_spa.pdf.
- Morales, Javeriano. Manual técnico de curtición. Lima, Perú : Folleto de UNQUIMICAS.A., 2010.p. 12.

- Morera, Samulino. Química Técnica de la Curtición. Segunda edición Igualada, España : CETI, 2015. pp 46 - 51
- Natur, Minoasca. Curtición vegetal, extractos de cutientes de mimosa , tara y volonea . [En línea] 2017. [Citado el: mayo de 06 de 2019.] Disponible en: <https://martin-natur.es/pages/curticion-vegetal>.
- Núñez, Kimoni. (2019), Las principales reacciones químicas de los silicatos de sodio. [En línea] 22 de Julio de 2019. [Citado el: 30 de Agosto de 2019.] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/las-principales-reacciones-quimicas-de-los-silicatos-de-sodio-3427156.htm>.
- Palomas, Jeremy. Química técnica de la tenería. Tercera Edición. Igualada, España : CETI., 2005. pp 22 -67.
- Villa- Grau, Manuela. (2000). Panorámica actual sobre la curtición vegetal, la moda y los procedimientos de fabricación.. Igualada, España, 2000, III Symposium Internacional de curtición vegetal, Vol. I. pp 151-158.
- Pavlov, Ernesto. Significado de Método deductivo. [En línea] 2019. [Citado el: 13 de Junio de 2019.]. Disponible en: <https://www.significados.com/metodo-deductivo/>.
- Portavella, Miloska. Tenería y medioambiente, aguas residuales. Barcelona , España: CICERO. 2005.. pp .91,234,263. Vol. Vol 4.
- Puente, Cesar.(2018). Aplicación de un proceso de curtido de pieles bovinas sin cromo utilizando oxazolidina en combinación con caelsalpinia spinosa (tara). Tesis para Doctor en Ingeniería Industrial. Universidad Mayor de san Marcos, Lima, Peru : Universidad de San Marcos , 2018. pp 23-35-46-57-68-79-80-91.
- Quiminet. Usos y aplicaciones del extracto de la mimosa. [En línea] 2012. [Citado el: 06 de Mayo de 2019.]. Disponible en:<https://www.quiminet.com/articulos/usos-y-aplicaciones-del-extracto-de-la-mimosa-2784737.htm>.
- Roch, Adalberto. (2004). Curtición de pieles de animales de granja. Segunda edición . Lima, Perú: El Inca, 2004. pp 38 - 47.

- Salmeron, Joseph. (2003). Resistencia al frote del acabado del cuero. Segunda edición . Asunción, Paraguay : IMANAL., 2003. pp. 19 – 52.
- Schorlemmer, Peterson.(2002). Resistencia al frote del acabado del cuero. Asunción, Paraguay : El Guacho, 2002. pp 27-41
- Schubert, Yerik. Procesos de tratamiento de los baños de depilado para reducir la polución de las aguas residuales .Segunda Edición . Munich, Alemania : Technologist, 2007. pp 23.34.46.51.73.
- Shreve, Rossbelt. Industrias de proceso químico. Madrid, España. : COURSE, 2004. pp 25.32.46.57.
- Sienko, Manolete. Química: Principios y aplicaciones. México D.F, México : Mc Graw Hill, 1993.. pp. 162-163.
- Silvateam. Curtición vegetal. Silvateam. [En línea] 2015 [Citado el 23 de Junio del 2019] . Disponible en: <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/productos-para-curtiembre/procesos-de-curtido-ecotan/curtici-n-vegetal.html>.
- Soler, Joshep. Procesos de Curtido. Segunda Edición. Barcelona, España. : Edit CETI., 2004. pp 10,13,26,45,48,57.
- Takashio, Mertinio. Métodos de extracción de los taninos. . [En línea] 2014. [Citado el: 05 de Mayo de 2019.] Disponible en: <https://www.cuerovegetal2012.blogspot.com..>
- Torres, Luis. 2014. Introducción al acabado de cueros. Leon Guanajuato, México : Trumpler Mexicana S.A., 2014.pp 51-68
- YÁNEZ, Johana. Obtención de cuero tallado para marroquinería con la utilización de una curtición mixta orgánica e inorgánica. Tesis para Ingeniera Zootecnista Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Chimborazo, Ecuador : 2019.

ANEXOS

ANEXO A: Descripción del proceso de pelambre de las pieles bovinas

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: PELAMBRE

PESO: 120 Kg **UNIDADES:** 20 **TIPO DE CUERO:** CALZADO **ESPESOR:** 2.5 mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Partir cuero					
Pesar		Pasar al bombo			
Lavado	500	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Tenso activos - directo		24 horas	
Ecurrir					
Pesar		Pasar al bombo			
Pelambre	200	Agua de la cisterna			
Lavado	4	Cal - Ca(OH) ₂ directo			
	2,5	Sulfuro de sodio - Na ₂ S - directo		Mover 5 horas	
Descansar				4 horas	
Mover				1 hora	
Descargar					
Lavado	100	Agua de la cisterna	Ambiente	20 min	
Descargar					
Calero	100	Agua de la cisterna	Ambiente		
	0,1	Cal - Ca(OH) ₂ directo		Hasta terminar tratamientos	

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO B: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 9% de sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: T1

PESO: 36.85 Kg

UNIDADES: 5

TIPO DE CUERO: CALZADO

ESPESOR: 2.5mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Pesar cuero					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	10,6
Ecurrir					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) - directo		30 min	
Ecurrir					
Desencalado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) - directo		30 min	
	0,5	Bisulfito de sodio - (Na ₂ S ₂ O ₅) - directo		30 min	
	0,5	Rindente - directo		60 min	7
Ecurrir					
Lavar dos veces	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	
Ecurrir					
Piquelado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	7	Sal común - NaCl - directo		15 min	
	0,5	Formiato de sodio (HCOONa) - directo		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		30 min	
Curtido					
	9	Sol de Sílice (pH 2.6)		60 min	
	0,35	Basal - dilución 1/10		60 min	
Rodar				5 horas (baño toda la noche)	3,8
Ecurrir y descargar					
Perchar				12 horas	
Ecurrir					
Raspar o rebajar		En 1.5 mm de espesor			

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO C: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 12% de sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: T2

PESO: 35,90 Kg **UNIDADES:** 5 **TIPO DE CUERO:** CALZADO **ESPESOR:** 2,5mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Pesar cuero					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	9,5
Ecurrir					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH4)2 SO4) - directo		30 min	
Ecurrir					
Desencalado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH4)2 SO4) - directo		30 min	
	0,5	Bisulfito de sodio - (Na2S2O5) - directo		30 min	
	0,5	Rindente - directo		60 min	7,1
Ecurrir					
Lavar dos veces	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	
Ecurrir					
Piquelado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	7	Sal común - NaCl - directo		15 min	
	0,5	Formiato de sodio (HCOONa) - directo		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		30 min	
Curtido					
	12	Sol de Sílice (pH 2.6)		60 min	
	0,35	Basal - dilución 1/10		60 min	
Rodar				5 horas (baño toda la noche)	3,9
Ecurrir y descargar					
Perchar				12 horas	
Ecurrir					
Raspar o rebajar		En 1.5 mm de espesor			

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO D: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 15% de sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: T3

PESO: 34,7Kg **UNIDADES:** 5 **TIPO DE CUERO:** CALZADO **ESPESOR:** 2,5mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Pesar cuero					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	9
Ecurrir					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) - directo		30 min	
Ecurrir					
Desencalado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) - directo		30 min	
	0,5	Bisulfito de sodio - (Na ₂ S ₂ O ₅) - directo		30 min	
	0,5	Rindente - directo		60 min	7,2
Ecurrir					
Lavar dos veces	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	
Ecurrir					
Piquelado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	7	Sal común - NaCl - directo		15 min	
	0,5	Formiato de sodio (HCOONa) - directo		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		30 min	
Curtido					
	15	Sol de Sílice (pH 2.6)		60 min	
	0,35	Basal - dilución 1/10		60 min	
Rodar				5 horas (baño toda la noche)	4,2
Ecurrir y descargar					
Perchar				12 horas	
Ecurrir					
Raspar o rebajar		En 1.5 mm de espesor			

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO E: Descripción del proceso de curtición de las pieles bovinas con 18% de sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: T4

PESO: 35,8 **UNIDADES:** 5 **TIPO DE CUERO:** CALZADO **ESPESOR:** 2,5mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Pesar cuero					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	9
Ecurrir					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) – directo		30 min	
Ecurrir					
Desencalado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	1	Sulfato de amonio - ((NH ₄) ₂ SO ₄) – directo		30 min	
	0,5	Bisulfito de sodio - (Na ₂ S ₂ O ₅) – directo		30 min	
	0,5	Rindente – directo		60 min	7,2
Ecurrir					
Lavar dos veces	200	Agua de la cisterna	Ambiente	15 min	
Ecurrir					
Piquelado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	7	Sal común - NaCl - directo		15 min	
	0,5	Formiato de sodio (HCOONa) – directo		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		15 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		30 min	
Curtido					
	18	Sol de Sílice (pH 2.6)		60 min	
	0,35	Basal - dilución 1/10		60 min	
Rodar				5 horas (baño toda la noche)	3,8
Ecurrir y descargar					
Perchar				12 horas	
Ecurrir					
Raspar o rebajar		En 1.5 mm de espesor			

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO F: Descripción del proceso de recurtición y neutralización de las pieles bovinas con sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019 **TRATAMIENTO:** Recurtición-neutralización
PESO: 60.0 Kg **UNIDADES:** 20 **TIPO DE CUERO:** Calzado **ESPESOR:** 1.5 mm

PROCESO	%	PRODUCTOS OBSERVACIONES	°C	DURACIÓN	pH
Pesar el cuero rebajado					
Lavado	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	0,2	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10			
	0,2	Tenso activo – directo		10 min	
Ecurrir					
Neutralización	200	Agua de la cisterna	Ambiente		
	4	Aldehído		20 min	
	3	Sol de Sílice		60 min	
	1	Formiato de sodio (HCOONa) - directo		30 min	
	2	Bicarbonato de amonio – dilución 1/10		60 min	6,8
Ecurrir					
Lavar 2 veces	200	Agua de la cisterna		10 min	
Teñido	200	Agua de la cisterna	70C		
	2	Dispersante de grasa – agotamiento			
	2	Rellenante de faldas – directo			
	2	Grasa PROVOL BA		1 hora	
Engrasado	2	Anilina café de Atravesado		1 hora	
	3	Grasa PROVOL BA			
	5	Sulphiol HF			
	5	Synthol YY 707		1 hora	
Fijación	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		20 min	
	1	Ácido fórmico - (H-COOH) - dilución 1/10		20 min	2,5
	2	Sol de Sílice		20 min	
Dejar hasta el otro día					
Ecurrir					
Lavado final	200	Agua de la cisterna	Ambiente	10 min	
Ecurrir y botar baño					
Perchar y secar pieles				24 horas	
Secado, estacado y recortado					

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO G: Descripción del proceso de acabado de las pieles bovinas con sol de sílice.

FECHA: Octubre 2019

TRATAMIENTO: ACABADO

UNIDADES: 20

TIPO DE CUERO: CALZADO

ESPESOR: 1.5mm

AUXILIARES	1	2	PROCESO
Compacto	300		
Pigmento	150		
Cera	50		
Penetrante	20		
Estuco	200		
Agua	280		1 cruz con brocha o soplete
			Prensar a 100 °C y 200 PSI
Hidrolaca		500	
Tacto (Tipo silicona)		25	
Complejo metálico		25	
Agua		450	2 cruces con soplete
			Secar

Realizado por: Narváez Anita, 2020.

ANEXO H: Resultados de análisis físico – mecánicos de los cueros bovinos terminados.



HOJA DE CONTROL DE CALIDAD DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE

FECHA: 6 de Diciembre del 2019

PROCEDENCIA: Anita Valeria Narváez Guamán

CÓDIGO: 064

ÁREA DE RASTREO: Producto terminado – cuero bovino

Tratamiento	Repeticiones	Resistencia a la tensión (N/cm ²) Método IUP 6	Porcentaje de elongación (%) Método IUP 6	Lastometría (mm) Método IUP 9	Temperatura de contracción (°C) Método IUP 16		
					65	70	75
T1	1	1234,667	92,5	10,04	NO	NO	SI
	2	1306,667	82,5	10,01	NO	NO	SI
	3	1222,000	82,5	10,05	NO	NO	SI
	4	1202,000	77,5	10,08	NO	NO	SI
	5	1346,000	90,0	10,08	NO	NO	SI
T2	1	1780,000	85,0	10,08	NO	NO	SI
	2	2482,500	97,5	10,08	NO	NO	SI
	3	1616,667	77,5	10,05	NO	NO	SI
	4	2321,053	90,0	10,09	NO	NO	SI
	5	2482,500	87,5	10,01	NO	NO	SI
T3	1	1560,000	72,5	10,08	NO	NO	SI
	2	1527,500	77,5	10,08	NO	NO	SI
	3	1813,330	87,5	10,08	NO	NO	SI
	4	1747,500	87,5	10,05	NO	NO	SI
	5	1788,330	80,0	10,07	NO	NO	SI
T4	1	2365,714	87,5	10,08	NO	NO	SI
	2	2177,143	92,5	10,08	NO	NO	SI
	3	2310,000	95,0	10,07	NO	NO	SI
	4	2295,714	82,5	10,08	NO	NO	SI
	5	2562,143	100,0	10,09	NO	NO	SI

ING. JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
TÉCNICO DOCENTE DE LC - FCP

DR. LUIS HIDALGO ALMEIDA
RESPONSABLE DE CONTROL DE CALIDAD

ANEXO I: Resultados de análisis sensoriales de la curtiembre de los cueros bovinos terminados con 9% de Sol de Sílice.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELS

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Anita Vaiería Narváez Guamán
TIPO DE CUERO: Cueros bovinos
FECHA DE ANÁLISIS: 3 de Diciembre del 2019
ESPECIFICACIÓN: Análisis sensoriales
TRATAMIENTO: 9% de Sol de Sílice(T1)
DESTINO: Planta de curtiembre de pieles

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CUERO

REPETICIONES	PRUEBAS SENSORIALES		
	BLANDURA	LLENURA	SOLTURA DE FLOR
1	2	4	3
2	2	2	2
3	1	2	2
4	2	2	1
5	2	2	2
CALIFICACIÓN (PUNTOS)			

OBSERVACIONES: _____

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE



ANEXO J: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 12% de Sol de Sílice.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELS**


NOMBRE DEL SOLICITANTE: Anita Valeria Narváez Guamán
TIPO DE CUERO: Cueros bovinos
FECHA DE ANÁLISIS: 3 de Diciembre del 2019
ESPECIFICACIÓN: Análisis sensoriales
TRATAMIENTO: 12% de Sol de Sílice (T2)
DESTINO: Planta de curtiembre de pieles

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CUERO

REPETICIONES	PRUEBAS SENSORIALES		
	BLANDURA	LLENURA	SOLTURA DE FLOR
1	3	3	3
2	3	2	3
3	3	3	3
4	3	3	3
5	3	3	3
CALIFICACIÓN (PUNTOS)			

OBSERVACIONES:.....

.....

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE

ANEXO K: Resultados de análisis sensoriales de la curtiembre de los cueros bovinos terminados con 15% de Sol de Sílice.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES**

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Anita Valeria Narváez Guamán
TIPO DE CUERO: Cueros bovinos
FECHA DE ANÁLISIS: 3 de Diciembre del 2019
ESPECIFICACIÓN: Análisis sensoriales
TRATAMIENTO: 15% de Sol de Sílice(T3)
DESTINO: Planta de curtiembre de pieles

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CUERO

REPETICIONES	PRUEBAS SENSORIALES		
	BLANDURA	LLENURA	SOLTURA DE FLOR
1	4	4	4
2	4	4	3
3	4	5	4
4	4	4	4
5	4	4	3
CALIFICACIÓN (PUNTOS)			

OBSERVACIONES:.....

.....

.....

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE



ANEXO L: Resultados de análisis sensoriales de la curtición de los cueros bovinos terminados con 18% de Sol de Sílice.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELS

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Anita Valeria Narváez Guamán

TIPO DE CUERO: Cueros bovinos

FECHA DE ANÁLISIS: 3 de Diciembre del 2019

ESPECIFICACIÓN: Análisis sensoriales

TRATAMIENTO: 18% de Sol de Sílice(T4)

DESTINO: Planta de curtiembre de pieles

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CUERO

REPETICIONES	PRUEBAS SENSORIALES		
	BLANDURA	LLENURA	SOLTURA DE FLOR
1	5	5	5
2	4	5	5
3	5	4	4
4	5	5	5
5	5	5	4
CALIFICACIÓN (PUNTOS)			

OBSERVACIONES:.....
.....
.....


Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE



ANEXO M: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 9% de sol de sílice.

 LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small>	DEPARTAMENTO: ANALITICALAB	 <small>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</small> Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS
--	---------------------------------------	--

INFORME DE RESULTADOS No: A-171-19

NOMBRE CLIENTE:	Ing. Cesar Puentes Guizarro	ATENCIÓN A:	N.A.
DIRECCIÓN:	Entrada a Guano, Calle José Rodríguez 103 y León Hidalgo Guano, Ecuador	TELÉFONO:	032900279

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	05/09/2019 08:30
FECHA DE ANÁLISIS:	05/09/2019 - 14/09/2019
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	14/09/2019

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA:	Agua (Residual)	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA DE MUESTREO:	01/09/2019 07:30	ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
CÓDIGO LABORATORIO:	AL-A-171-19	CÓDIGO CLIENTE:	9% Sol de Sílice
PUNTO DE MUESTREO:	Guano Salida del bombo	RESPONSABLE MUESTREO:	N.A.
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C			

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	1975	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	450	±10%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:


QF. Juan Villamar
DIRECTOR TÉCNICO


LABCESTTA
TECNOLOGÍA Y CALIDAD
RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

ANEXO N: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 12% de sol de sílice.

 LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small>	DEPARTAMENTO: ANALITICALAB	 Servicio de Acreditación Ecuatoriano Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS
--	---------------------------------------	--

INFORME DE RESULTADOS No: A-172-19

NOMBRE CLIENTE:	Ing. Cesar Puente Guijarro	ATENCIÓN A.	N.A.
DIRECCIÓN:	Entrada a Guano, Calle José Rodríguez 103 y León Hidalgo Guano, Ecuador	TELÉFONO:	032900279

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	05/09/2019 08:30
FECHA DE ANÁLISIS:	05/09/2019 - 14/09/2019
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	14/09/2019

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA:	Agua (Residual)	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA DE MUESTREO:	02/09/2019 07:30	ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
CÓDIGO LABORATORIO:	AL-A-172-19	CÓDIGO CLIENTE:	12% Sol de Sílice
PUNTO DE MUESTREO:	Guano Salida del bombo	RESPONSABLE MUESTREO:	N.A.
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS T máx.:25,0 °C. T min.: 15,0 °C			

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2000	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	310	±10%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:


Cesar Puente Guijarro
DIRECTOR TÉCNICO
LABCESTTA
TECNOLOGÍA Y CALIDAD
RUC:0691736210001

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

ANEXO O: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 15% de sol de sílice.

 LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small>	DEPARTAMENTO: ANALITICALAB	 <small>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</small> Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS
--	---------------------------------------	--

INFORME DE RESULTADOS No: A-180-19

NOMBRE CLIENTE:	Ing. Cesar Puentes Guizarro	ATENCIÓN A:	N.A
DIRECCIÓN:	Entrada a Guano, Calle José Rodríguez 103 y León Hidalgo Guano, Ecuador	TELÉFONO:	032900279

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	05/09/2019 08:30
FECHA DE ANÁLISIS:	05/09/2019 - 14/09/2019
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	14/09/2019

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA:	Agua (Residual)	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA DE MUESTREO:	03/09/2019 07:30	ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
CÓDIGO LABORATORIO:	AL-A-180-19	CÓDIGO CLIENTE:	15% Sol de Sílice
PUNTO DE MUESTREO:	Guano Salida del bombo	RESPONSABLE MUESTREO:	N.A
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C			

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2800	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	200	±10%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:



LABCESTTA
TECNOLOGÍA Y CALIDAD
QF. Juan Villamar RUC:069173621000 I
DIRECTOR TÉCNICO

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

ANEXO P: Análisis de las aguas residuales de la curtición de pieles bovinas con 18% de sol de sílice.

 LABCESTTA <small>TECNOLOGÍA Y CALIDAD</small>	DEPARTAMENTO: ANALITICALAB	 <small>Servicio de Acreditación Ecuatoriano</small> Acreditación N° SAE LEN 18-034 LABORATORIO DE ENSAYOS
--	---------------------------------------	--

INFORME DE RESULTADOS No: A-187-19

NOMBRE CLIENTE:	Ing. Cesar Puente Guizarro	ATENCIÓN A.	N.A
DIRECCIÓN:	Entrada a Guano, Calle José Rodríguez 103 y León Hidalgo Guano, Ecuador	TELÉFONO:	032900279

FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	05/09/2019 08:30
FECHA DE ANÁLISIS:	05/09/2019 - 14/09/2019
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	14/09/2019

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

TIPO DE MUESTRA:	Agua (Residual)	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA DE MUESTREO:	04/09/2019 07:30	ANÁLISIS SOLICITADO:	Químico
CÓDIGO LABORATORIO:	AL-A-187-19	CÓDIGO CLIENTE:	18% Sol de Sílice
PUNTO DE MUESTREO:	Guano Salida del bombo	RESPONSABLE MUESTREO:	N.A
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS T máx.:25,0 °C. T mín.: 15,0 °C			

RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	INCERTIDUMBRE (k=2)	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	2825	±6%	PE/AL/05 Standard Methods Ed.23.2017 5220D	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5días)	mg/L	250	±10%	PE/AL/28 Standard Methods Ed.23.2017 5210B HACH, Method 8166	-

OBSERVACIONES:

- Muestra receptada en el laboratorio.
- La columna: Valor límite permisible, está fuera del alcance de la acreditación del SAE.

RESPONSABLE DEL INFORME:



LABCESTTA
TECNOLOGÍA Y CALIDAD
QF. Juan Villamar RUC:0691736210001
DIRECTOR TÉCNICO

NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.

ANEXO Q: Hoja Técnica del agente curtiende: silicato de sodio.

SILICATO SODIO LIQUIDO

Descripción:

Solución acuosa de silicato de sodio. Líquido siruposo, pegajoso claro.

Usos:

En la cerámica como defloculante. En la industria textil se impregna en telas e hilos para hacerlas resistentes al fuego. Como detergente en jabones. Como pegamento. Agregado de cementos y pinturas. Fabricación de esmeriles.

Número de Lote:	5-0008945
Kilos:	16000
Fecha de Producción:	2018-11-26
Fecha de Expiración:	2020-02-20

Certificado de análisis tipo

Especificaciones		Resultados
Estado físico	Líquido viscoso	Pasa Prueba
Turbidez	Líquido opalescente	Pasa Prueba
Densidad	41.5 - 42.5 °Bé	42.2 °Bé
Na ₂ O en peso	9.10 - 9.30%	9.28%
SiO ₂ en peso	29.00 - 30.00%	29.39%
Rel. En peso SiO ₂ /Na ₂ O	3.17 - 3.30	3.23
Sólidos Totales	38.10 - 39.30	39.15
Gravedad Específica (g/cm ³)	1.4010 - 1.4140	1.4105
Viscosidad C.P.S.	200 - 800	550



Los datos del presente certificado de análisis fueron proporcionados por nuestro proveedor y revisados por CEDROSA.