



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BOMBO METÁLICO PARA LA
CURTICIÓN DE PIELES MENORES”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
Previo a la obtención del título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

AUTORES

**BYRON GEOVANNY ORTÍZ ALVARADO
BEBETHO GEOVANNY NAULA AUCANCELA**

RIOBAMBA-ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Byron Geovanni Ortiz Alvarado y Bebetho Geovanny Naula Auncanshla, declaramos que el presente trabajo de **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BOMBO METÁLICO PARA LA CURTICIÓN DE PIELES MENORES”** es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos contantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como Autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Byron Geovanni Ortiz Alvarado
150066492-3

Bebetho Geovanny Naula Auncanshala
06024567890

Riobamba, junio del 2018

El presente trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente tribunal

Ing. M.G. Tatiana Elizabeth Sánchez Herrera
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACION

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Riobamba, junio del 2018

AGRADECIMIENTO

A Dios por siempre guiarnos por el camino del bien, a él nuestros triunfos conseguidos a lo largo de nuestra vida estudiantil, por cuidar de nosotros y siempre ser un refugio y fortaleza en momentos de debilidad y fracaso presentados.

A nuestras familias por brindarme su amor, preocupación y apoyo incondicional, por todas las palabras de aliento que día a día me motivaron a seguir adelante.

A mis profesores quienes supieron compartir sus conocimientos para formarme como una profesional de éxito, pero sobre todo a mi director y asesor de tesis Ing. Edwin Zurita e Ing. Luis Hidalgo PhD por su paciencia, dedicación de tiempo y ayuda desinteresada.

Byron O. - Bebetho N.

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedicamos al regalo más valioso que Dios nos puso en nuestras vidas a nuestros queridos padres fundamentales que sembraron en cada uno de nosotros responsabilidad, respeto y honestidad. Gracias por ser nuestros ángeles que siempre han estado en las buenas y las malas sin escatimar esfuerzo alguno, quienes con su amor y tolerancia supieron controlar y manejar mi difícil carácter, por eso y por muchas cosas más los amo.

A nuestros hermanos y familiares que han sido nuestros compañeros, amigos que se han convertido en nuestro apoyo a lo largo de la vida estudiantil.

CONTENIDO

N°	Pág.
Resumen	vi
Abstract	vii
Lista de Cuadros	viii
Lista de Gráficos	ix
Lista de Fotografías	x
Lista de Anexos	xi
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. LA PIEL	3
1. <u>Partes de la piel en bruto</u>	3
a. Crupón	4
b. Cuello	5
c. Faldas	5
2. <u>Funciones básicas de la piel</u>	5
B. TIPOS DE PIELES	6
1. <u>Pieles vacunas</u>	6
2. <u>Pieles de ternera</u>	7
3. <u>Pieles de novillos</u>	7
4. <u>Pieles de vaca</u>	7
5. <u>Pieles de buey y toro</u>	8
6. <u>Pieles de especies menores</u>	8
7. <u>Pieles de cordero</u>	8
8. <u>Pieles de cabra</u>	9
9. <u>Pieles de cerdo</u>	9
10. <u>Pieles de animales marinos</u>	10
C. MAQUINARIA PARA LA CURTIEMBRE	11
1. <u>Bombo</u>	11

D.	ETAPA DE CURTICIÓN DE LA PIEL	28
E.	ETAPA DE TERMINADOS DEL CUERO	32
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	35
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	35
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	35
C.	INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES	36
1.	<u>Equipos</u>	37
D.	TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	37
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	38
1.	<u>De la calidad física del cuero</u>	38
2.	<u>De la calidad sensorial del cuero</u>	38
3.	<u>Análisis mecánico del Equipo</u>	38
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	39
1.	<u>Acondicionamiento</u>	39
2.	<u>Construcción del equipo</u>	39
H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	41
1.	<u>Resistencias físicas</u>	41
a.	Resistencia a la tensión	42
b.	Porcentaje de elongación	47
c.	Temperatura de encogimiento	47
2.	<u>Análisis sensorial</u>	51
a.	Tacto	51
b.	Blandura	51
c.	Llenura	52
3.	<u>Eficiencia del bombo metálico</u>	52
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	53
A.	ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONFECCIÓN DEL BOMBO METALICO 315-BB	53
1.	<u>Diámetro interno y externo de la chumacera</u>	53
2.	<u>Características de rodamientos</u>	54
3.	<u>Fuerzas que soportan los apoyos</u>	54
4.	<u>Fuerza al interior de las paredes del bombo</u>	54
5.	<u>Características y dimensiones de la tapa</u>	54

6.	<u>Calidad de la chumacera</u>	55
B.	DIMENSIONAMIENTO DEL BOMBO	55
1.	<u>Especificaciones generales</u>	55
2.	<u>Dimensiones del bombo</u>	58
3.	<u>Características y dimensiones de la tapa del bombo</u>	59
4.	<u>Cálculos del volumen del bombo metálico 315-BB</u>	59
5.	<u>Cálculo de los pesos del bombo metálico 315 – BB</u>	60
6.	<u>Cálculos mecánicos del bombo metálico 315 – BB</u>	61
7.	<u>Cálculo de la Chumacera (rodamiento y soporte)</u>	64
C.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO BOVINO CURTIDO EN EL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO 315-BB, DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE LA FCP	66
1.	<u>Resistencia a la tensión</u>	66
2.	<u>Porcentaje de elongación</u>	68
3.	<u>Temperatura de encogimiento</u>	
D.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENORIALES DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS	73
1.	<u>Tacto</u>	73
2.	<u>Blandura</u>	75
3.	<u>Llenura</u>	77
E.	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO METÁLICO 315-BB, EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELES DE LA FCP	79
F.	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA LA CURTICIÓN DE PIELES DE ESPECIES MENORES.	80
1.	<u>Especificaciones generales</u>	81
2.	<u>Instrucciones de seguridad específicas para el proceso de curtición pieles.</u>	83
a.	Conclusiones	84
3.	<u>Procedimiento de limpieza</u>	84
G.	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DE CURTICIÓN DE PIELES	85

1.	<u>Cuidado del equipo y del operario</u>	85
a.	Cuidados del equipo	85
b.	Cuidados del operador	87
H.	PROYECCIÓN ECONÓMICA	88
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	91
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	92
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	93
	ANEXOS	

RESUMEN

La presente investigación propone el diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores, en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la FCP, de la ESPOCH, el presente proyecto no dispone de tratamientos experimentales, sino que responde al estudio de un diseño de procesos; y además, se realizó una comparación de la curtición de pieles menores utilizando cromo en 4 pieles y otras 4 pieles curtidas con tara aplicando una estadística descriptiva. Una vez diseñado y construido el bombo metálico que se le otorgó el código BB-315, se procedió al curtido de pieles menores reportándose la mejor tensión (3460.22 N/cm²), y porcentaje de elongación (69.00 %), al curtir con cromo mientras que la mejor temperatura de contracción se consiguió al utilizar el curtiente vegetal. La evaluación sensorial determinó que el mejor tacto y llenura (4,80 puntos) se consigue al curtir con tara, mientras que la blandura es la misma al utilizar tara o cromo (3,60 puntos). La eficiencia del bombo BB-315, fue de 88% que es satisfactorio. El costo del equipo fue de 2526 dólares americanos que al ser comparado con equipos de procedencia sobre todo del continente europeo que son los que más construyen estos equipos y que al ser proformado se tiene un referente de 5000 dólares. Por lo tanto, se aprecia que existe un ahorro considerable en la construcción que conlleva a un progreso de la empresa curtidora, el momento de proyectarlo a escala industrial.

ABSTRACT

This research proposes the design and implementation of a metallic drum for tanning leather of minor species, in the leather tannery laboratory of Animal Science Faculty (ANSCF) of Espoch, this project doesn't have experimental treatments, but responds to a process design study; a comparison of the tanning leather of minor species was also made using chromium in 4 of them, and with another 4 tanned leather with tara tannins by applying a descriptive statistic. Once designed and constructed the metallic drum which was given the code BB-315, the tanning leather of minor species was conducted, reporting the best tension (3460.22 N/cm²), and percentage of elongation (69.00%), when tanning with chrome, while the best contraction temperature was achieved by using the vegetable tanning agent. The sensory evaluation determined that the best tact and fullness (4.80 points) is achieved by tanning with tara tannins, while the softness is the same when using tara tannins or chrome (3.60 points). The efficiency of the BB-315 drum was 88%, which is satisfactory. The cost of the equipment was about 2526 US dollars when compared with equipments especially from European continent which are the ones who build these equipments mostly; and when it was budgeted it had a reference of 5000 dollars. Therefore, it is appreciated that a considerable saving exists in the construction that leads to a progress of the tannery company, the moment to project it on an industrial scale.

LISTA DE CUADROS

N°		Pág.
1.	VELOCIDADES A CUMPLIRSE EN LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LAS PIELES.	12
2.	PROCESOS Y VELOCIDADES DEL FULON.	27
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.	35
4.	REFERENCIA DE LAS NORMAS IUP 6, PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN.	44
5.	EVALUACIÓN DESCRIPTIVA DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	69
6.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	74
7.	COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO.	89

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Pág.
1. Esquema de las zonas de una piel fresca	4
2. Partes que constituyen un fulón de curtiduría.	12
3. Esquema de un bombo	13
4. Corona y cruceta	14
5. Distribución y forma de los pivotes	15
6. Diagrama del número crítico de revoluciones	17
7. Fases de movimiento.	18
8. Representación de las velocidades de caída en el momento del golpe sobre la pared del bombo.	19
9. Gráfica del número de revoluciones.	20
10. Triángulo para calcular el grado de efecto mecánico.	22
11. Ejemplo de un triángulo gráfico.	23
12. Movimiento entre las palas.....	24
13. Desagüe del fulón de curtido.	25
14. Distribución central y Distribución en línea.	27
15. Bombo perforado.	28
16. Resistencia a la tensión de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.	66
17. Porcentaje de elongación de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.	70
18. Temperatura de encogimiento de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.	71
19. Tacto de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.	75
20. Blandura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.	76

21. Llenura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico 78
bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

N°		Pág.
1.	Corte de la probeta de cuero.	42
2.	Troquel para realizar el corte de la probeta para el análisis de la resistencia a la tensión.	43
3.	Equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión.	43
4.	Equipo para medir el calibre del cuero.	45
5.	Medición de la longitud inicial del cuero.	45
6.	Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras	45
7.	Encendido del equipo.	46
8.	Puesta en marcha del prototipo mecánico para medir la resistencia a la tensión del cuero.	46
9.	Medición de la temperatura de encogimiento del cuero caprino	50
10.	Chumaceras bipartidas de 3 pulgadas.	53
11.	Rodillos cilíndricos del bombo metálico BB 315	54
12.	Bombo metálico del taller de curtiembre BB-315.	81

LISTA DE ANEXOS

N°

1. Plano del bombo metálico BB-315.
2. Partes del bombo metálico BB-315.
3. Estadísticas Descriptivas de la resistencia a la tensión del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.
4. Estadísticas Descriptivas del porcentaje de elongación del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.
5. Estadísticas Descriptivas de la temperatura de encogimiento del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315
6. Estadísticas Descriptivas del tacto cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.
7. Estadísticas Descriptivas de la blandura del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.
8. Estadísticas Descriptivas de la llenura del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

I. INTRODUCCIÓN

Se conoce como curtición a los diferentes procesos técnicos que se siguen para lograr la transformación de una piel cruda en un material resistente, flexible, uniforme y apto para fines de uso humano, industrial o técnico. La curtición abarca dos líneas de producción. La primera es la línea peletera, caracterizada por la fijación del pelo con acabado en doble faz; para este fin no se requiere equipo pesado, pues generalmente los procesos son más de tipo artesanal o semi industrial, la segunda es la línea de producción de cueros y se desarrolla con el soporte de maquinaria y equipo industrial, siendo necesario para esta actividad contar con una elevada inversión económica.

Uno de los mayores problemas que se produce en las plantas o laboratorios para curtir pieles a nivel de todo el país, es el no contar con los equipos adecuados para hacer los trabajos de fabricación en cuero, que impiden curtir una gran variedad de pieles las cuales se diferencian en cuanto a tamaños y estructuras. Teniendo uno de los mayores problemas en las pieles pequeñas que al ser muy delicadas y de estructura frágil no pueden ser curtidas en bombos tradicionales, debido a que son sumamente maltratadas por la acción mecánica y funcionalidad obsoleta del bombo que tenemos tanto en nuestro laboratorio de curtación como en la mayoría de curtiembres a nivel de todo el país.

El fulón, tambor o bombo es un recipiente apto para suavizar, teñir y curtir las pieles, que consta de un recipiente cilíndrico, que gira alrededor de un eje horizontal dotada en su volumen interior de una pluralidad de salientes radiales, o palas, de sección pentagonal, que se extienden de forma circunferencial por el conjunto de la periferia de la pared cilíndrica, estando dicho tambor caracterizado porque, entre las caras enfrentadas de cada pala y de la pared cilíndrica, se insertan rellenos primarios de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y dicha pared cilíndrica, estando el tambor caracterizado; porque también, los dos extremos longitudinales de cada pala están circundados por partes laterales, y porque entre las caras enfrentadas de cada pala y de cada parte lateral

se insertan rellenos suplementarios, de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y cada parte lateral.

En la actualidad el mundo globalizado en el que vivimos la industria de las curtiembres ha estado sufriendo cambios importantes tanto en la mejora de procesos como también en implementar nueva tecnología, razón por la cual no se puede realizar todas las etapas del curtido de pieles en diferentes fulónes por la velocidad de los mismos, por tiempo, recursos humanos y recursos económicos; al pasar las pieles de un fulón a otro; tampoco se puede realizar todas las etapas del curtido de pieles en un fulón con la misma velocidad, ya que los químicos no van a ingresar al interior de las pieles, sino que se van a desperdiciar el agua, esta sería una razón por la cual Ecuador no puede competir con los demás países en el área de exportación de pieles.

Por tal motivo se busca la implementación un bombo para la curtición de pieles menores en el cual los estudiantes podrán realizar sus prácticas con la maquinaria adecuada involucrándonos en el proceso de aprendizaje dinámico al implementar alternativas nuevas, apropiadas que permitan satisfacer de manera adecuada las necesidades de la formación, desarrollando aptitudes en la industria de curtiembre, así como mejorar los procesos de transformación de pieles pequeñas en cueros de calidad en el laboratorio de curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias. De acuerdo a lo expuesto anteriormente se detallan los siguientes objetivos:

- Diseñar e implementar de un bombo metálico para la curtición de pieles menores (Ovinos, Caprinos, etc.).
- Determinar la eficiencia del bombo metálico para la realizar la curtición de pieles menores (Ovinos, caprinos, etc.).
- Evaluar los costos de diseño, construcción, instalación y funcionamiento del bombo metálico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. LA PIEL

Según (Bequele, 2016), el término piel, proviene del latín *pellis*, es señalado como el órgano más grande en los animales y en los seres humanos. Se trata de un tegumento que, en el caso de los organismos con vértebras, se compone de una capa exterior (denominada epidermis) y de otra interior (que recibe el nombre de dermis). Es el órgano vivo más pesado (de 3 a 4 kg) y el más amplio del cuerpo humano (de 1,5 a 2 m²). En permanente relación con los demás órganos, la piel puede revelar las disfunciones o enfermedades que padezcan otros órganos de nuestro cuerpo. La piel es la estructura externa de los cuerpos de los animales, responde a los cambios fisiológicos del animal, reflejándose sobre ellas muchas características importantes y específicas tales como: edad, sexo, dieta, medio ambiente y estado de salud. Es una sustancia heterogénea, generalmente cubierta con pelos o lana y formada por varias capas superpuestas. Esta envoltura externa ejerce una acción protectora: pero al mismo tiempo también cumple otras funciones como:

- Regular la temperatura del cuerpo.
- Eliminar sustancias de desecho.
- Albergar órganos sensoriales que nos faciliten la percepción de las sensaciones térmicas, táctiles y sensoriales.
- Almacenar sustancias grasas.
- Proteger el cuerpo de la entrada de bacterias.

1. Partes de la piel en bruto

(Lacerca, 2003), señala que la mejora de la calidad en las pieles debe ser considerada como una actividad continua que beneficia a los distintos componentes de la cadena de valor del cuero: pequeños productores, curtidores, los eslabones de manufactura y comercialización, y el usuario como receptor final del artículo

elaborado. Las pieles, luego del desuello, si no son conservadas apropiadamente sufren alteraciones por el ataque de microorganismos presentes en el medio ambiente. Por lo tanto, si las pieles no son procesadas inmediatamente en la curtiembre es necesario preservarlas para su adecuado almacenamiento. La degradación biológica (con diferentes grados de extensión) que sufren luego del desuello afecta la calidad de los cueros que se elaboran con ellas. Cuando se inicia el proceso con una materia prima (piel) alterada, la curtición no es la ideal, obteniendo un producto deficiente con la consecuente pérdida de valor, tanto de la materia prima como del cuero. la piel recuperada por desuello de los animales sacrificados, se llama "piel fresca" o piel en verde. En una piel fresca existen zonas de estructuras bastante diferenciadas en lo que respecta al espesor y la capacidad. Estos contrastes son sobre todo importantes en el caso de pieles grandes de bovinos. En una piel se distinguen tres zonas.

a. Crupón

(Bacardit, 2004), manifiesta que el crupón corresponde a la parte de la piel de la región dorsal y lumbar del animal. Es la parte más homogénea, tanto en espesor como en estructura dérmica. Es además la más compacta y por lo tanto la más valiosa. Su peso aproximado es de un 46 % con relación al total de la piel fresca. La piel de la parte superior de la cabeza se conoce como testuz y las partes laterales se le llama carrillos. En el gráfico 1, se identifica el esquema de las zonas de una piel fresca.

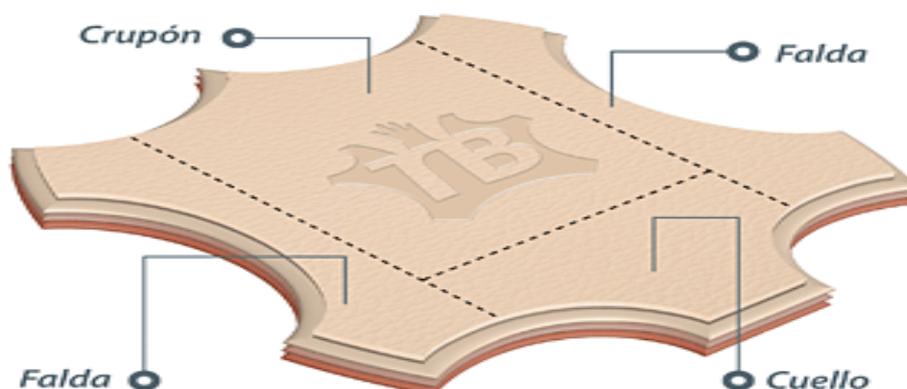


Gráfico 1. Esquema de las zonas de una piel fresca.

Fuente: (Rivero, 2001).

b. Cuello

(Hidalgo, 2004), señala que el cuello corresponde a la piel del cuello y la cabeza del animal. Su espesor y compacidad son irregulares y de estructura fofo. La superficie del cuello presenta y profundas arrugas que serán tanto más marcadas cuando más viejo sea el animal. La piel del cuello viene a representar un 26% del peso total de la piel.

c. Faldas

(Adzet, 2005), indica que las faldas corresponden a la parte de la piel que cubre el vientre y las patas del animal. Presenta grandes irregularidades en cuanto a espesor y capacidad, encontrándose en las zonas de las axilas las partes más fofo de la piel; las de las patas se encuentran algo cornificadas. El peso de las faldas corresponde un 28% del total. En una piel además se distinguen: el lado externo de la piel que contiene el pelaje del animal, y una vez eliminado este se llama lado de la flor. El lado interno de la piel, que se encontraba junto a la carne del animal se llama «lado de la carne».

2. Funciones básicas de la piel

Según (Soler, 2004), la piel tiene tres funciones básicas las cuales se describen a continuación:

- **Protección:** La piel protege al cuerpo de ataques mecánicos, físicos, químicos o microbianos desde el exterior. Protege el cuerpo de mecánicos, físicos, químicos o microbianos ataques que provienen del exterior a través de, entre otros, mecanismos celulares e inmunológicos y su impermeabilidad, resistencia y flexibilidad.
- **Transmisión:** La piel se utiliza para transmitir información entre el cuerpo y el mundo exterior a través de sus múltiples terminaciones nerviosas que reciben estímulos táctiles, térmicos y dolorosos.

- Intercambio: La piel es el lugar donde se llevan a cabo numerosos intercambios entre el organismo y el exterior. Asimismo, participa en mecanismos complejos, como la regulación de la temperatura corporal (por la eliminación de calor y la evaporación del sudor secretado por las glándulas sudoríparas, así como la eliminación de sustancias nocivas) y la síntesis de vitamina D, que es esencial para el crecimiento de los huesos.

B. TIPOS DE PIELES

(Artigas, 2007), señala que se ha descrito de una manera general la estructura correspondiente a una piel vacuna, ahora bien, dentro de cada especie animal en particular, la estructura y la proporción relativa de las diferentes capas de la piel pueden variar considerablemente. Además, las pieles difieren en su estructura, para una misma especie, debido a una serie de factores como son: su modo de vida, estación de año, edad, crianza, etc. El sexo y la edad tienen tanta influencia sobre las características de la piel como la tienen sobre otros cambios físicos corporales. En la industria de la tenería siempre se utilizan principalmente las pieles vacunas, las de cordero y las de cabra, en una proporción mucho menor las pieles de caballo y de cerdo y aún en una menor proporción las pieles de reptil y pescado. Las pieles de peletería deben considerarse aparte. A continuación, se describe la estructura característica de cada una de ellas.

1. Pieles vacunas

(Adzet, 2005), reporta que en la práctica industrial las pieles se clasifican según su tamaño y naturaleza del animal en terneras, novillos, vacas, bueyes y toros, una vez clasificada la piel se pasa, y el valor obtenido se indica por medio de cortes sobre la cola del animal. Este peso se conoce como peso sangre y es el que sirve como base para la comercialización. Los márgenes de peso que se emplean en el comercio de las pieles en bruto son:

- Terneras 0-8 Kg. 8-12 Kg. 12-20 Kg.
- Novillos y vacas 20-32 Kg. 32-40 Kg. Más de 40 Kg.
- Bueyes y toros: Más de 45 Kg.

2. Pieles de ternera

(Bursch, 2015), indica que las pieles de ternera se refieren indistintamente a las pieles de animales machos y hembras. En la piel de ternera la capa de la flor tiene, por lo menos, un espesor que es la mitad del grosor de la piel. La capa reticular está en estado de desarrollo y representa la otra mitad. Las pieles de ternera son las que presentan la flor más fina por tener el poro de la piel más reducido. Y por ser animales muy jóvenes su flor tiene pocos defectos. A partir de que los animales comienzan a comer alimentos sólidos la piel adquiere una estructura más basta. Las terneras generalmente, son animales jóvenes, destinados para carne.

3. Pieles de novillos

(Lacerca, 2003), manifiesta que en esta etapa el crecimiento del animal, la profundidad de los folículos pilosos es algo menor, pero son mucho más finos que los correspondientes a los del animal adulto. Al aumentar la edad del animal la capa reticular se va desarrollando gradualmente. Las pieles de novillo presentan una flor mejor que las de vaca porque, en su mayoría proceden de animales destinados a carne, ya sea machos o hembras. Proporciona las pieles en sangre más estimadas a causa de su regularidad y de su resistencia mecánica.

4. Pieles de vaca

(Rivero, 2001), indica que las pieles de vaca se refieren a las de los animales hembras ya que han parido. Se reconocen por tener ubres. Tiene la piel más desteñida, poseen más superficie por unidad de peso. Dan pieles delgadas. La estructura dérmica es poco cerrada, y basta por tener un poco grosero, ya que ordinariamente se matan cuando no sirven para la reproducción. Puesto que han permanecido en establos la mayor parte de tiempo.

5. Pieles de buey y toro

(Bacardit, 2004), manifiesta que este grupo corresponden a la de los animales ya maduros. Debido a su larga vida suelen presentar defectos de la flor. Tales como: cicatrices, granos, barros, etc. La capa de la flor es más pronunciada. Existen pelos jóvenes que sustituyen a los que se sacan. Los haces de fibras de la capa reticular se han desarrollado al máximo. La capa reticular alcanza un espesor aproximado que representan los dos tercios del grueso total. Dentro de esta categoría podemos diferenciar:

6. Pieles de especies menores

(Aleandry, 2009), indica que las especies menores de animales domésticos y semidomésticos pueden jugar un papel destacado dentro de los sistemas mixtos de producción debido a sus características particulares entre las que se destacan las siguientes: bajo nivel relativo de inversión inicial y de costos de producción, independencia de la escala de producción, flexibilidad de instalaciones y manejo, rápido crecimiento de número de animales. En términos generales, las especies menores requieren mayor atención y cuidado por cabeza, o por unidad de producto, comparado con las grandes especies de animales, y debido a la disponibilidad de mano de obra familiar, incluyendo mujeres, ancianos y niños.

7. Pieles de cordero

(Bursch, 2015), señala que existe una gran variedad de razas ovinas lo que hace que sus pieles sean tan diferentes. En general la calidad de la piel está en razón inversa del valor de la lana, las mejores son las de los animales de lana gruesa. Las que tienen mejor lana son las ovejas merinas y, al contrario, las que proporcionan la piel de peor calidad. Este tipo de piel, curtida al vegetal, se conoce como badana. Es menos adecuada que el potro o la vaca para los trabajos en el taller. No es fácil grabarla o repujarla. Se trata de una piel elástica, fina, suave y con poco brillo. El cordero plena flor acabado con efecto grietas en color negro tiene un tacto muy suave y resistente ideal para calzado marroquinería y bolsos.

8. Pieles de cabra

(Themes, 2018), indica que, la cabra es un animal muy resistente que puede vivir con sobriedad de alimentos, y de los que se pueden aprovechar su carne y su leche. Se adaptan fácilmente a climas rigurosos y son muy comunes en Asia, África, Sudamérica. Las pieles muchas veces son originarias de aldeas pequeñas que se encuentran en zonas muy diversas por tanto su calidad varía considerablemente. Las pieles de cabra se clasifican de acuerdo con la edad del animal en:

- Cabritos. Se refiere a las crías que se mantienen mamando hasta la edad de unos 2 meses.
- Pastones. Son los animales de 2-4 meses de edad que ya comienzan a pastar.
- Cabrioles. Son los machos de 4-6 meses de edad.
- Cegajos. Son las hembras de 4-6 meses de edad.
- Cabras hembras de más de 6 meses de edad.
- Machetes, machos de más de 6 meses de edad.

(Villamil, 2017), menciona que la piel fresca de cabra, en algunos aspectos se parece a la vacuna, en otros a la de la oveja. Sin embargo, en conjunto la piel de cabra tiene una estructura característica. La epidermis es muy delgada. La capa de la flor ocupa más de la mitad del total del espesor de la dermis. Las glándulas y las células grasas que son las responsables de la esponjosidad del cuero de oveja son mucho menos abundantes en las pieles de cabra.

9. Pieles de cerdo

(Grunfed, 2008), reporta que la piel de cerdo tiene una estructura cuyas características la hacen única. No existe capa reticular compacta. Esta particularidad hace que la piel de cerdo sea muy grasienta, con un contenido es grasa aproximado del 30%. Hay tres tipos generales de pieles de cerdos bien diferenciados y originarios de países muy diferentes: El pekar es una variedad de cerdo salvaje, pequeña y muy magra, originaria de México. y países

centroamericanos. Proporciona un cuero graneado que se ajusta muy bien a la fabricación de zapatos. el cerdo doméstico europeo. Es un cerdo que habitualmente se desuella después de la matanza y luego se sala. Estas pieles saladas más tarde procesan en las tenerías. Se obtiene cueros con flor de una gran variedad que tienen mucha aceptación en el mercado por su calidad. Por esta razón estas pieles se exportan en grandes cantidades. el cerdo doméstico inglés. Es más grande y sangriento que el europeo. Después de la matanza normalmente se escaldan. El animal no se desuella. La parte de la piel correspondiente al lomo se recupera y se utiliza generalmente para obtener gelatina. Recientemente en los EEUU se ha desarrollado un sistema de desuello mecánico para las pieles de cerdo que permiten su recuperación. Estas pieles curtidas y acabadas se destinan para la confección de calzado.

10. Pieles de animales marinos

(Frankel, 2009), indica las pieles de animales marinos tienen un empleo bastante limitado. Su estructura es completamente diferente de las de los lagartos y serpientes, puesto que su medio ambiente es el agua. Las que más se aplican son las de tiburón. Su pie] está provista de escamas. Las pieles curtidas en bruto se utilizan como superficie abrasiva en muchos productos; curtidas, sin ellos se emplean para zapatos, carteras, bolsos, artículos de viaje, guantes, etc. La influencia del clima, en particular de la temperatura es evidente en razón del rol protector que tiene la piel. La dieta influye sobre la salud del animal, y por consiguiente sobre las características y calidad de la piel. Cada raza proporciona unas pieles cuyas características son muy típicas. La influencia de la edad es muy sensible, la piel de los animales jóvenes es siempre de mejor calidad que la de los adultos. Por otra parte, además del efecto natural que ejerce el envejecimiento sobre la calidad de la piel, a medida que la edad aumenta se acumula daños sobre la piel del animal. La influencia del sexo sobre la piel, es importante, la piel de hembras es más fina. La piel es el reflejo del estado de salud del animal.

C. MAQUINARIA PARA LA CURTIEMBRE

(Carrasco, 2014), señala que en la primera fase de fabricación de la piel nos encontramos con una serie de máquinas, la utilización de las cuales depende del tipo, condiciones y características de su estado de conservación (piel fresca, salada húmeda, salmorada, salada seca, secada natural, etc.). El orden de mayor efecto mecánico de estas máquinas es: bombo, hormigonera, molineta, tina, y va en sentido contrario al estado de conservación de la piel, es decir, cuanto más fresca sea la piel, se podrá utilizar maquinaria en la primera fase del proceso con mayor efecto mecánico.

1. Bombo

Para (Chavarrea, 2011), los tambores de fulónado son contenedores cilíndricos estancos y de medida variable donde se cargan las pieles para las distintas fases del curtido. Riviera; reblandecimiento, maceración para hidratación, encalado para depilación, desencalado, desgrasado. En las subsiguientes fases de piquelado y curtido y finalmente utilizado para el recurtido, engrasado y la tintura. Tambor de abatanado, curtido y tintura apto para suavizar, teñir y curtir las pieles, que consta de un recipiente cilíndrico, que gira alrededor de un eje horizontal dotada en su volumen interior de una pluralidad de salientes radiales, o palas, de sección pentagonal, que se extienden de forma circunferencial por el conjunto de la periferia de la pared cilíndrica, estando dicho tambor caracterizado porque, entre las caras enfrentadas de cada pala y de la pared cilíndrica se insertan rellenos primarios de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y dicha pared cilíndrica, estando el tambor caracterizado también porque los dos extremos longitudinales de cada pala están circundados por partes laterales, y porque entre las caras enfrentadas de cada pala y de cada parte lateral se insertan rellenos suplementarios de perfil exterior curvilíneo, añadidos en la vecindad de los empalmes entre cada pala y cada parte lateral, como se muestra en el (gráfico 2).



Gráfico 2. Partes que constituyen un fulón de curtiduría.

Según (Morera, 2008), el fulón de curtiduría su principio básico es girar y variar la velocidad, al mismo tiempo tiene que conservar el calor en su interior. Las pieles son arrastradas dentro del fulón por los denominados que son clavijeros de madera fijados en el interior para evitar que las pieles se adhieran entre sí y facilitar la absorción de los productos químicos en estas durante las diferentes aplicaciones del proceso de curtido, eran todos del mismo tamaño sin importar las dimensiones de los fulones, (cuadro 1).

Cuadro 1. VELOCIDADES A CUMPLIRSE EN LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LAS PIELES.

Proceso	# De Rev x min	Detalle
Remojo	3-4 rpm	No dañar la flor
Pelambre y encalado	3-4 rpm	No dañar la flor
Desencalado	9-10 rpm	Mayor golpe
Purga	9-10 rpm	Mayor golpe
Piquelado	9-10 rpm	Mayor golpe
Curtido	9-10 rpm	Mayor golpe
Engrase	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Recurtido	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Teñido	14-15 rpm	Mayor Agotamiento
Cambio de sentido de giro	velocidades Anteriores	Desamarrar las pieles

Fuente: (Bacardit, 2004).

(Núñez, 2016), indica que para entender lo que es un bombo, se puede imaginar que es como un reactor, es decir, es un sistema que gira, donde se realiza la reacción (proceso) entre la piel y los productos que se utilizan. Además, en el bombo se pueden controlar la temperatura, el tiempo, la velocidad, el sentido de rotación (efecto mecánico) y el medio (que normalmente es acuoso). Los bombos son de forma cilíndrica siendo de tamaños distintos según el volumen de producción y para cada fase del proceso. Para los remojos, el pelambre y la curtición vegetal suelen tener igual diámetro que anchura, aunque a veces existe la relación 1:1,1 (anchura algo mayor que el diámetro). Para el desencalado, rendido, piquel y curtición al cromo también suelen ser de anchura igual al diámetro, aunque a veces hay la relación 1,1:1 (el diámetro es algo mayor que la anchura). Para el neutralizado, la recurtición, tintura y engrase suelen tener mucho más diámetro que anchura para mejorar y potenciar el efecto mecánico. Suelen tener la relación 1:0,75. Los materiales con los que se construyen los bombos son de madera dura, compacta de fibras, secada al natural. La madera que mejor resiste los procesos químicos y los rozamientos es la de bolondo y teca, (gráfico 3).

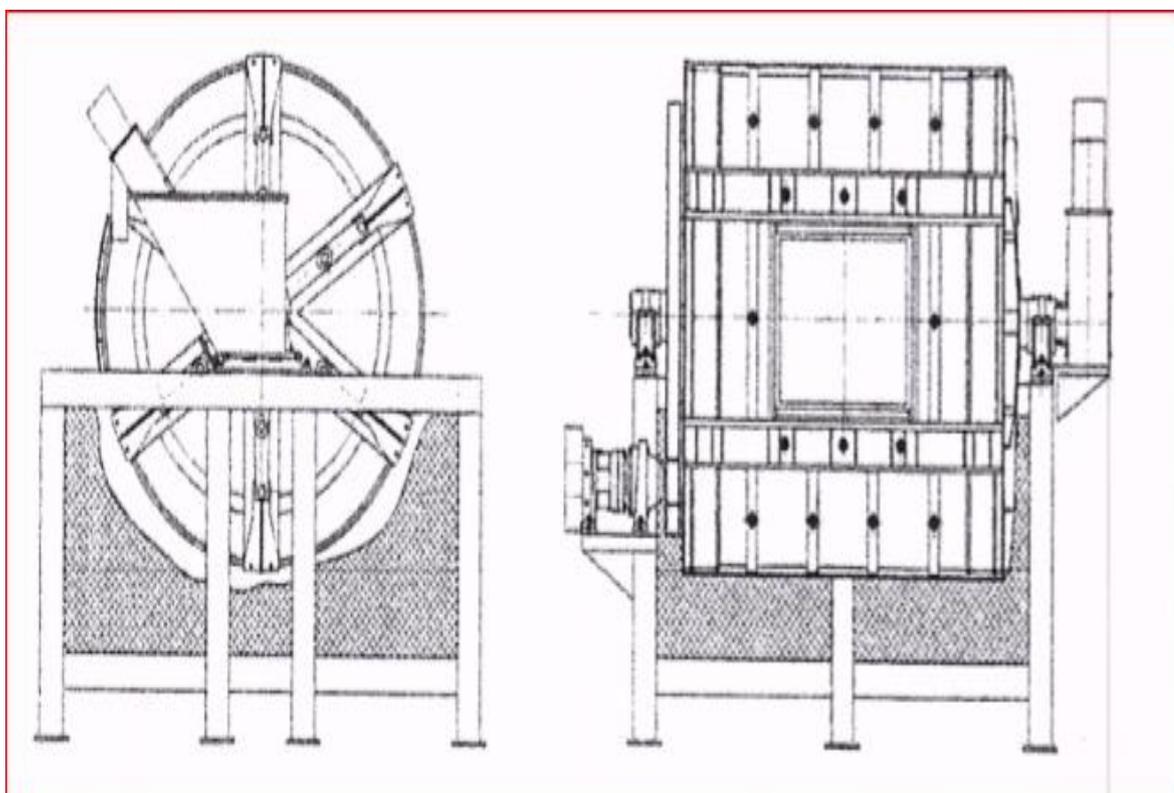


Gráfico 3. Esquema de un bombo.

Fuente: (Bacardit, 2004).

(Grunfed, 2008), menciona que, dependiendo del volumen o tamaño del bombo, los tablonces que se utilizan para construir el bombo suelen ser de 60-100 mm de grueso. Los laterales o fondos tienen además del grueso estipulado, otros tablonces del mismo grosor sobrepuestos en forma de estrella a los que se atornillan los brazos de la corona y la cruceta (en forma de estrella de 4 o 6 brazos), como se muestra en el (gráfico 4).

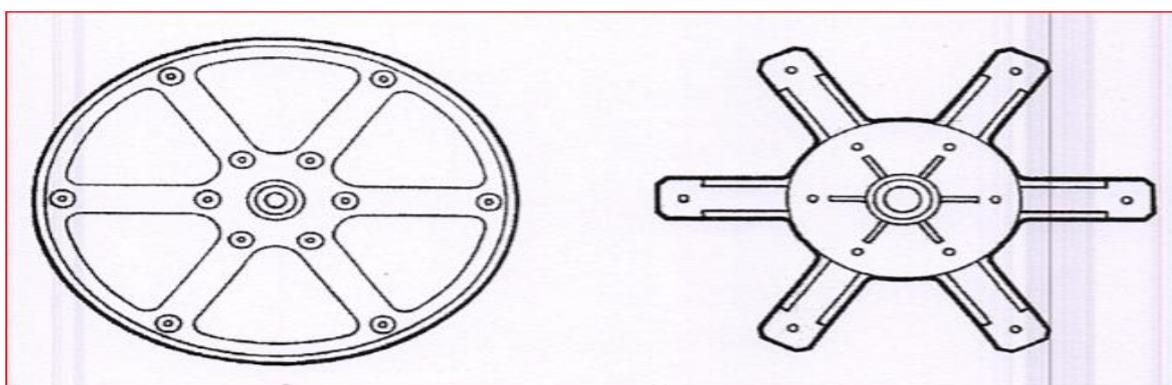


Gráfico 4. Corona y cruceta

Fuente: (Grunfed, 2008).

(Hidalgo, 2004), indica que la parte exterior del bombo se fija y se mantiene junta mediante unos aros cilíndricos que se aprietan en sus extremos en sentido contrario mediante una zapata. Suelen ser de 18 mm. Y la cantidad de aros que se utilizan depende del tamaño del bombo. Normalmente se utilizan entre 4 y 20 unidades. Con el reajuste de los aros mediante esta zapata y el agua, el proceso hace que la madera de los tablonces se hinche ajustándose perfectamente, con lo cual se evitan fugas. Es un sistema similar a un tonel. Existe, además, otros materiales no tradicionales para construir bombos como son: polipropileno, fibra de vidrio-epoxi y acero inoxidable, pero no tienen la versatilidad operacional que tiene la madera. Exceptuando la carga de cada uno de ellos, la única diferencia que hay entre ellos es la duración respecto a los de madera. El polipropileno y otras fibras se utilizan en procesos productivos mientras que el acero inoxidable ha quedado relegado casi exclusivamente a bombos para laboratorio y pequeña escala de producción.

Según (Ramírez, 2000), en la parte exterior y frontal hay una o dos puertas una grande para introducir y descargar las pieles que acostumbra a ser de 40 a 60 cm,

o bien de 50 por 50 cm, para los bombos pequeños y de 100 por 00 cm, para los bombos grandes , Los bombos grandes también tienen una puerta pequeña de 40 por 40 cm, para poder introducir los productos y/ o controlar los procesos con lo cual se evita abrir y cerrar la puerta grande, las puertas grandes son de acero inoxidable y correderas de forma manual , neumático, y/o eléctrica. En la mayoría de los bombos, cuando la puerta grande es automática, no se necesita la puerta pequeña. En el interior del bombo hay dos tipos de formaciones que provocan el movimiento de las pieles con el giro del bombo: los pivotes y las palas. Los pivotes son de madera o bien de materiales plásticos y tienen una longitud entre 20 y 40 cm. Son pulidos para que no rayen las pieles y se colocan de forma alternativa en cada fila tal, la distancia entre los pivotes es de 50 a 90 cm, y su forma es como se puede ver en el (gráfico 5):

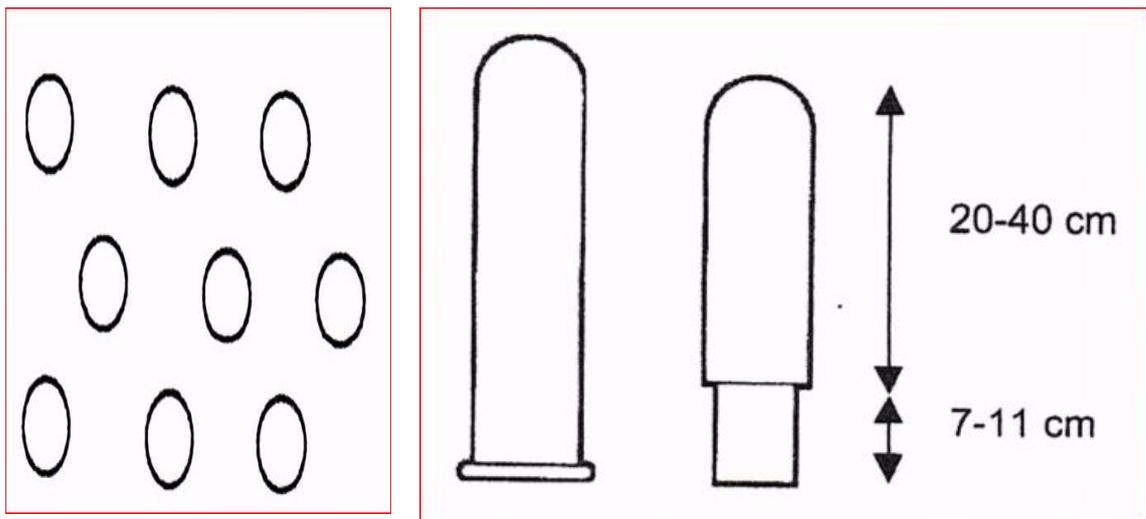


Gráfico 5. Distribución y forma de los pivotes

(Adzet, 2005), indica que se pueden comparar gráficamente los valores de velocidad de rotación y velocidad periférica según distintos diámetros. La fórmula para calcular la fuerza centrífuga (F_z) es:

$$m = F_z = w^2 * \frac{d}{2}$$

Donde:

w: Velocidad angular

m: Masa

d: Diámetro

(Lacerca, 2003), indica que el efecto mecánico es, por lo tanto, una función cuadrada del movimiento de rotación mientras las comparaciones muchas veces utilizadas por los curtidores se basan en las relaciones lineales, como se representa en el diagrama expuesto anteriormente. Sin embargo, no hay que determinar las fuerzas centrífugas que se producen en un bombo en movimiento con una determinada velocidad y carga pues esto sería demasiado especializado. Por consiguiente, la masa (m) se puede ignorar, lo cual nos lleva a la fórmula para la aceleración uniforme (a):

$$a = w^2 \cdot d/2$$

(Bacardit, 2004), menciona que con un bombo que gira a una determinada velocidad y está correspondientemente preparado se da periódicamente al contenido, una aceleración uniforme que se opone con bastante exactitud a la fuerza de gravedad pues tiene lugar en el sector creciente de movimiento circular. Si la velocidad de rotación es ahora tan elevada que la aceleración dada con ello al contenido del bombo es tan grande como la aceleración de la gravedad (g) que actúa en sentido contrario.

$$a = g$$

O empleando la fórmula antes mencionada:

$$w^2 \cdot d/2 = g$$

(Lacerca, 2003), indica que de esta manera se produce la falta de gravedad en el interior del bombo, y la carga ya no se cae y permanece quieta en la periferia interior del bombo en rotación. Así se llega en cierto modo al punto final de los posibles efectos mecánicos del bombo en movimiento desde el punto de vista de la curtición. Ahora interesa el número de revoluciones (n), que es el que origina este efecto. Como se encuentra en la velocidad angular (w) en la forma siguiente:

$$w = \frac{\pi * n}{30}$$

(Libreros, 2003), manifiesta que se sustituye w por esta expresión en la igualdad de la falta de gravedad antes mencionada:

$$w = \left[\frac{\pi * n}{30} \right]^2 \frac{d}{2} = g \quad n = \frac{30}{\pi} * \sqrt{\frac{2g}{d}}$$

O para la aplicación práctica y calculando las constantes se representa de la forma más sencilla:

$$n = 9,55 * 4,44 * \frac{1}{\sqrt{d}} \quad Nc = \frac{42,4}{\sqrt{d}}$$

(Frankel, 2009), manifiesta que expresando en metros el diámetro del bombo correspondiente se calcula el número crítico de revoluciones (Nc) en revoluciones por *minuto*. Si se deja el diámetro como variable en la función que se acaba de describir y se ajustan los valores obtenidos con las dimensiones 0 - 3,5 m, se forma la curva Nc siguiente:

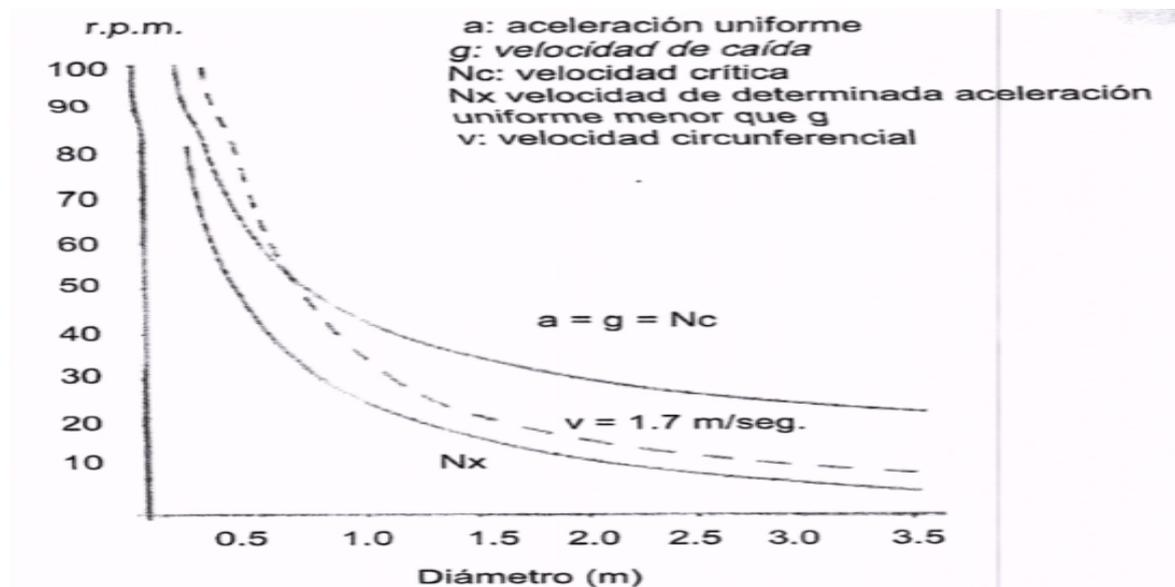


Gráfico 6. Diagrama del número crítico de revoluciones.

(Lultcs, 2003.), reporta que en el esquema indicado se puede ver para cada diámetro indicado por la abscisa el número de revoluciones crítico correspondiente representado en la ordenada. Con ello se obtiene una línea que indica con diversos diámetros el correspondiente número de revoluciones para el mismo efecto

mecánico. Si por otra parte se anotan en este sistema de coordenadas los puntos calculados de cualquier velocidad circunferencial, entonces se ve de nuevo lo erróneos que pueden ser los datos de la velocidad circunferencial para la comparación de los efectos mecánicos entre los bombos rotativos de diámetros grandes y pequeños. Cualquier otro determinado efecto mecánico distinto al del número crítico de revoluciones que resulte de una aceleración del movimiento circular inferior a la que acabamos de exponer, tiene que dar la misma curva porque, en la función en cuestión, no se ha cambiado nada más que la aceleración. Como es natural, ahora los valores de sus números de revoluciones se dan más bajos. Se puede distinguir tres fases típicas de movimiento, como se muestra en el (gráfico 7).

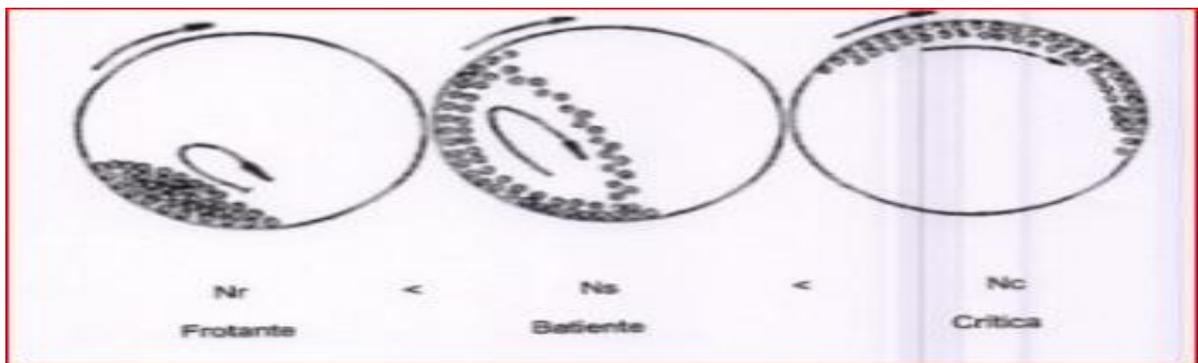
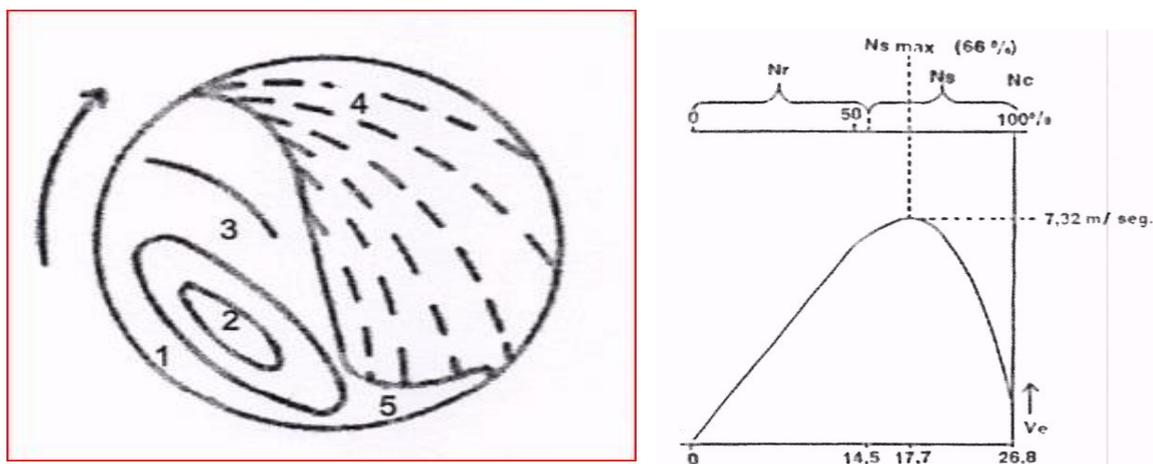


Gráfico 7. Fases de movimiento.

(Carrasco, 2014), manifiesta que la primera representa un bajo número de revoluciones: el contenido del bombo sube en la dirección de giro para volver siempre, en mayor o menor grado, al punto de partida al sobrepasar una zona de doblado. Si se sobrepasa esta zona del número de revoluciones N_r rodante o frotante entonces empiezan a formarse parábolas de lanzamiento al principio pequeñas que cada vez son mayores al aumentar el número de revoluciones hasta alcanzar su longitud máxima a un determinado número de revoluciones; al seguir aumentando la velocidad de giro llegan al sector descendente, de la línea circular en donde se vuelven más cortas para finalmente desaparecer completamente. En esta zona en que se producen las parábolas de lanzamiento o el número de revoluciones batiente N_s se ve el mayor efecto mecánico y precisamente en el momento en que la parábola llega a su longitud máxima. Finalmente se llega a la tercera fase de la falta de gravedad originada por el número de revoluciones crítico N_c .

Según (Núñez, 2016), las zonas de revoluciones N_c y N_s observadas puestas en relación con el número de revoluciones crítico N_c del diámetro del bombo empleado en cada caso siempre dan los mismos valores con lo cual el número de revoluciones rodante N_r abarca siempre la zona del movimiento giratorio más lento hasta aproximadamente el 54% del número de revoluciones crítico N_c , hasta que se Inicie la fase batiente N_s . Ésta, por su parte, alcanza su máximo siempre a aproximadamente el 66% del N_c . Según <http://www.gamuza.com>. (2009), las consideraciones técnicas y los cálculos refuerzan estas observaciones mediante la representación de las velocidades de caída de las pieles en el momento del golpe sobre la pared del bombo, como se muestra en el (gráfico 8).



Zona 1: Zona en que se levanta el contenido del bombo. Zona 2: Zona de doblado con revoluciones inferiores al 54% del N_c . Zona 3: Por encima de esta zona vuelve el contenido del bombo a la zona 5. Zona 4: En zonas de revoluciones superiores al 54% de N_c empieza a caer el contenido del bombo formando parábolas con una longitud máxima del 66% de N_c para acortarse de nuevo al sobrepasar este límite. Zona 5: Zona batiente. Zona de máxima energía mecánica. Velocidad de golpeo con diámetro 2,5.

Gráfico 8. Representación de las velocidades de caída en el momento del golpe sobre la pared del bombo.

(Carrasco, 2014), señala que el número calculado para el punto culminante es aquí casi exactamente el 66% del número de revoluciones crítico. Con el giro relativamente plano de la curva se explican por una parte las oscilaciones de los datos sobre el máximo del efecto mecánico y, por otra parte, se ve que los cálculos en este aspecto para el uso técnico tienen poco sentido si no se tienen en cuenta con gran exactitud de esta zona de oscilación. Si en el sistema de coordenadas

empleado al principio, además de la ya conocida curva de N_c , se pone ahora también la del máximo número de revoluciones batiente N_s y la del límite superior del número de revoluciones rodante. Entonces se obtienen las siguientes curvas, como se muestra en el (gráfico 9).

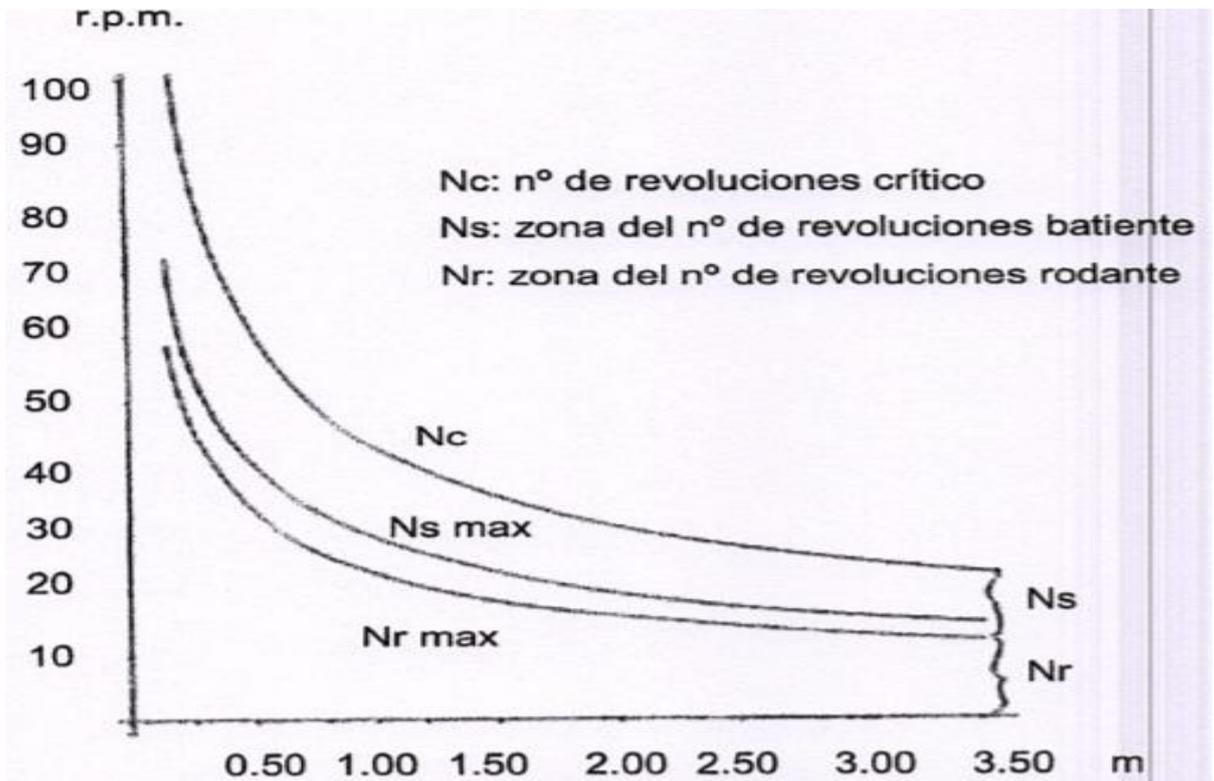


Gráfico 9. Grafica del numero de revoluciones.

(Morera, 2008), indica que estas líneas del mismo efecto mecánico tienen ahora un sentido práctico en comparación los efectos provisionalmente mencionados que se daban con aceleraciones supuestas. Las consecuencias para la aplicación práctica son claras y dependen de las necesidades locales correspondientes. Primeramente, habría que examinar si los bombos ruedan en las zonas de su efecto mecánico máximo lo cual no sucede con los pequeños bombos de ensayo con perjuicio de los resultados de los ensayos. Además, habría que considerar por ejemplo si un efecto mecánico más débil inferior al 66% de N_c es decir en las zonas de revoluciones rodantes o quizás en interés de una flor más lisa o de un menor desarrollo de calor se quiere conseguir dentro de la zona de revoluciones batientes

(Hidalgo, 2013), menciona que el grado de efecto mecánico de los bombos giratorios se debe considerar como elemental en la forma que se trata. El número

de revoluciones obtenido de la forma descrita mediante cálculos o por representación gráfica para un determinado grado de efecto es válido sin depender de si varía cualquier factor no contenido en la función expuesta. Estos factores (anchura del bombo, dotación interior, carga, cantidad de baño, propiedades del contenido, etc.) modificarían el valor absoluto del grado de efecto mecánico en la medida en que influyen sobre el número de frotos que se producen, pero no el número de revoluciones que determine su máximo valor posible. El grado de efecto elemental puede oscilar entre las diversas partidas o ensayos que incluso manteniendo exactamente las normas de trabajo dadas no pueden obtenerse unas calidades de cuero uniformes.

(Rivero, 2001), indica que las circunstancias desfavorables siempre se producen cuando se trabaja con partidas de diverso tamaño y con diferentes revoluciones y dimensiones del bombo. Es decir, cuando se aplican trabajos de los bombos de ensayo en la escala de producción y viceversa. Para mantener un grado de efecto elemental lo más constante posible bajo diferentes condiciones técnicas (diferentes números de revoluciones, diámetros de los bombos y cantidades de carga), se puede estudiar la expresión de la intensidad de este grado de efecto que es la fuerza de la velocidad de caída con la cual el contenido del bombo golpea constantemente durante los movimientos de rotación. Si un bombo rueda con el número de revoluciones que le proporciona su máximo efecto mecánico posible, es decir la mayor velocidad media de batido de su contenido, entonces desarrolla todo su grado de efecto elemental. Este estado del valor máximo sólo se puede producir cuando el tramo de caída es igual o casi igual al diámetro, es decir, con el bombo prácticamente vacío. Si se disminuye el diámetro, es decir si el tramo de caído se acorta para aumentar el nivel de carga, entonces disminuye también el grado de efecto elemental, y con el volumen del bombo completamente lleno, desaparece con cualquier número de revoluciones por no existir el tramo de caída.

(Mendez, 2014), indica que, si se reduce el número de revoluciones, se produce una disminución del grado de efecto. Por consiguiente, existe una relación triangular entre el número de revoluciones, el volumen de carga y el grado de efecto mecánico. Representando en un triángulo rectángulo la zona de carga del volumen

del bombo y la zona del número de revoluciones hasta el 66% de N_c , con los catetos y el grado de efecto mecánico elemental con la hipotenusa, entonces se obtiene el siguiente triángulo para un bombo con las medidas interiores $\varnothing 2,50 \times 1,80$ m, para un bombo con las medidas interiores de $\varnothing 2,50$ por 3,05 m, como se muestra en el (gráfico 10).

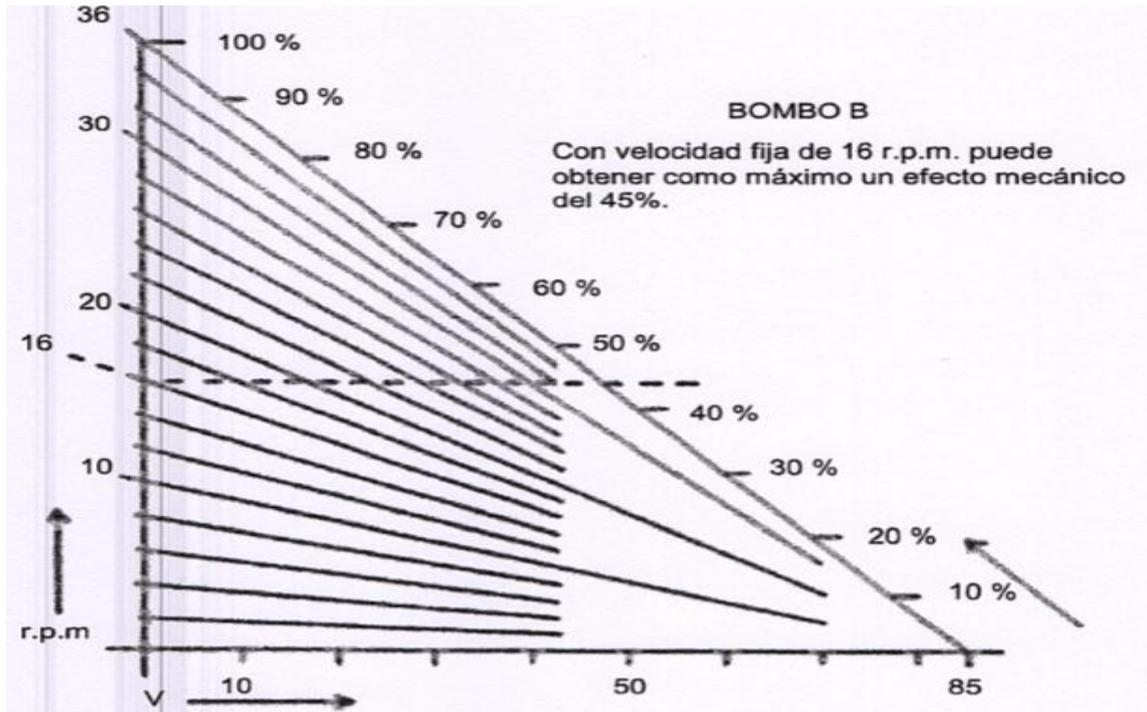


Gráfico 10. Triángulo para calcular el grado de efecto mecánico.

(Soler, 2004), reporta que con un triángulo de este tipo se puede determinar sobre la hipotenusa el correspondiente grado de efecto mecánico en tanto por ciento del máximo posible para cualquier grado de carga con cualquier número de revoluciones dentro de la zona calculada según N_c . Con ello es posible, mediante las correspondientes variaciones de la cantidad de carga y del número de revoluciones controlar el grado de efecto mecánico elemental. Si el bombo con el mismo diámetro fuera ahora más ancho, también sería mayor su volumen. Por consiguiente, migra entonces el valor máximo en la abscisa más hacia la derecha y la inclinación de la hipotenusa para los diversos números de revoluciones se hace menor. Esto quiere decir que cambiando los baños en un bombo ancho las relaciones mecánicas cambian más lentamente que en uno estrecho. Ejemplo para el empleo práctico de un triángulo gráfico: por cualquier motivo hay que reproducir

en un bombo de ensayo una curtiación que se realiza a diario. Primeramente, se determinan las dimensiones del bombo de curtiación (bombo A). Las dimensiones interiores son 02,50 x 1,80 m. Suponiendo que siempre se curta con un volumen de carga de 1500 L y un número de 15 r.p.m. entonces se produce un grado de efecto mecánico de aproximadamente un 70% del máximo posible. El bombo de ensayo del que se dispone (bombo B) tiene unas medidas de 00,60 x 0,30 m. a 16 r.p.m. La abscisa del sistema de coordenadas tiene el valor máximo de 85 L y la ordenada 36 r.p.m. En el triángulo obtenido se ve que el bombo B con sus 16 r.p.m. no puede alcanzar un grado de efecto del 70%, como se muestra en el (gráfico 11).

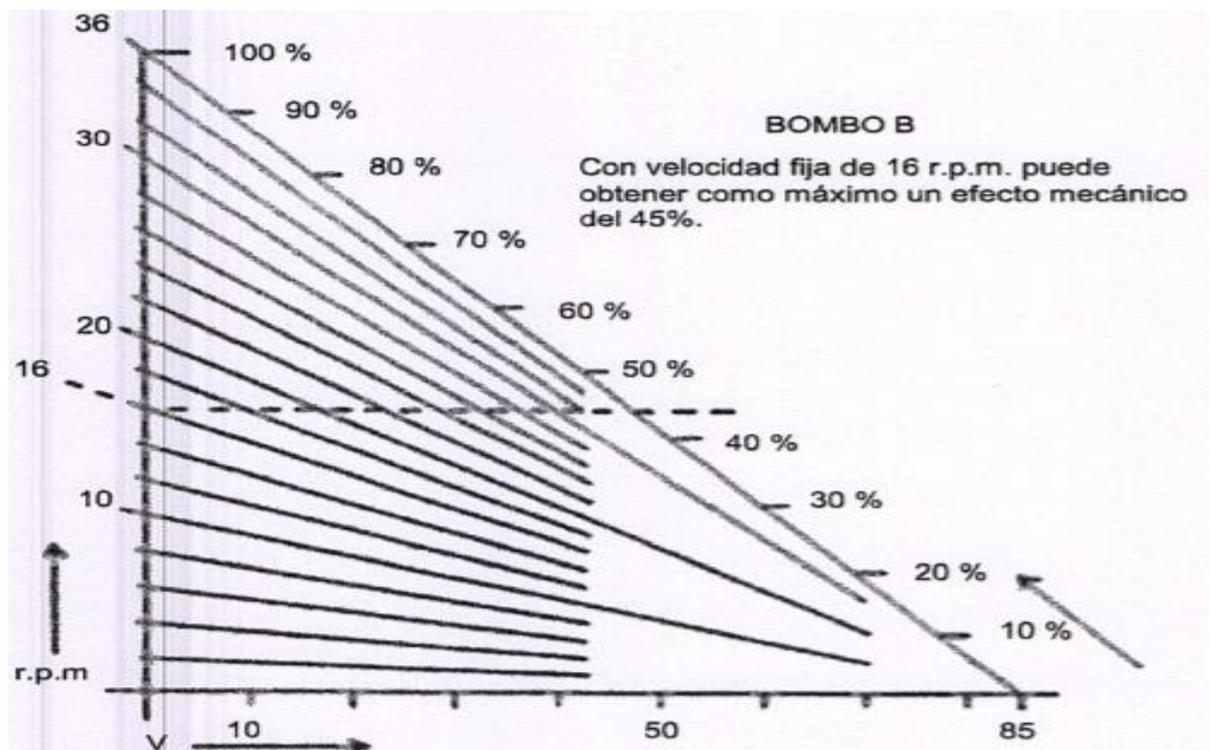


Gráfico 11. Ejemplo de un triángulo gráfico.

(Bacardit, 2004), indica que, si se dispusiera de un accionamiento regulable, entonces se podría conseguir este grado de efecto a partir de 26 r.p.m. pero sólo con una carga menor. Pero si este accionamiento regulable abarcara una zona de hasta 36 r.p.m., entonces se podría ajustar a voluntad el grado de efecto entre 0 y 100% variando la carga o con una carga determinada variando el número de revoluciones según el triángulo. Las palas sustituyen los pivotes. Algunos autores indican que éstas aceleran la penetración de los productos dentro de la piel respecto a los pivotes. La cuestión es que se han impuesto en un alto porcentaje

los pivotes, esto es debido a su fácil sustitución en caso de rotura o avería y a que las palas son más caras. En la práctica la diferencia de penetración por efecto mecánico es inapreciable.

(Soler, 2004), señala que estas palas tienen un espesor entre 5 y 10 cm según el tamaño del bombo y el proceso en que se utilice (en la recurtición tenemos una relación menor de baño y alta velocidad de rotación, por lo tanto, necesitaremos unas palas más reforzadas). La longitud de las palas es igual a la anchura del bombo y su anchura es de 30-40 cm en la parte alta y 20-30 cm en la parte baja. La disposición de la tabla es intercalando la parte alta con la baja para conseguir un cierto movimiento lateral, como se ilustra en el (gráfico 12).

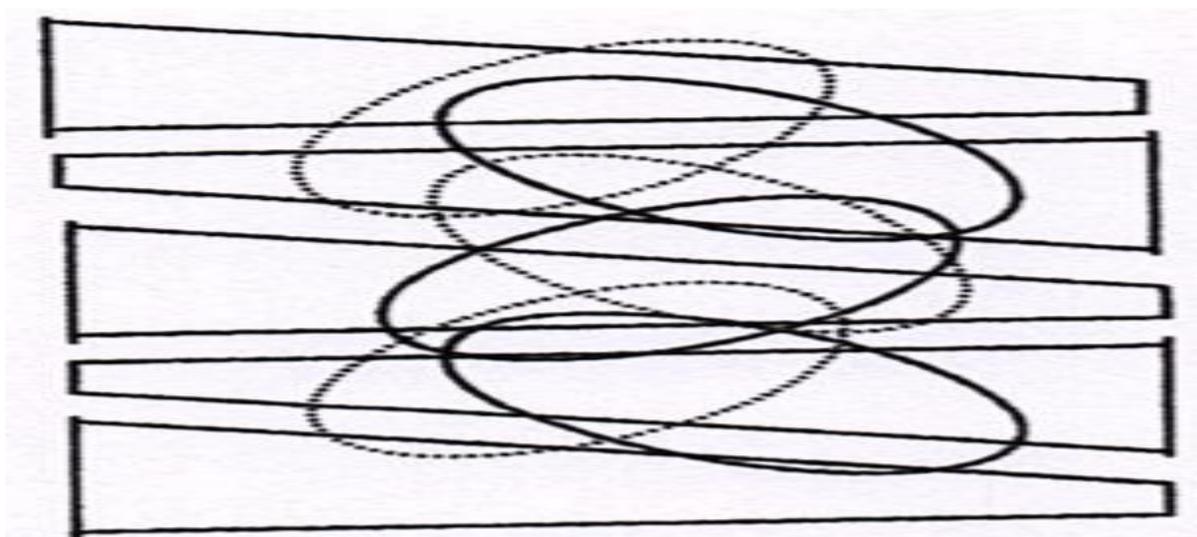


Gráfico 12. Movimiento entre las palas.

(Font, 2001), reporta que hay fabricantes que colocan estas palas con un cierto grado de inclinación, entre 15 y 30°. En el interior de los bombos nos podemos encontrar también con el sistema de recirculación de baño, instalado en el eje contrario al de adición de agua. Este sistema se basa en un tubo excéntrico que coge baño del interior y lo pasa a través del eje a una cubeta lateral hasta un cierto volumen, y después se devuelve al interior del bombo. En esta cubeta podemos controlar el pH, el agotamiento del baño y la temperatura sin tener que detener el bombo. Además, podemos variar la temperatura mediante resistencias o intercambio de calor, adicionar producto, filtrar el baño, etc. También encontramos

un sistema de desagüe con recámara situado al lado opuesto al de entrada de agua o en ambos lados. Está formado por tablas trapezoidales, agujereadas y dispuestas entre la pared lateral y la frontal del bombo según el (gráfico 13).

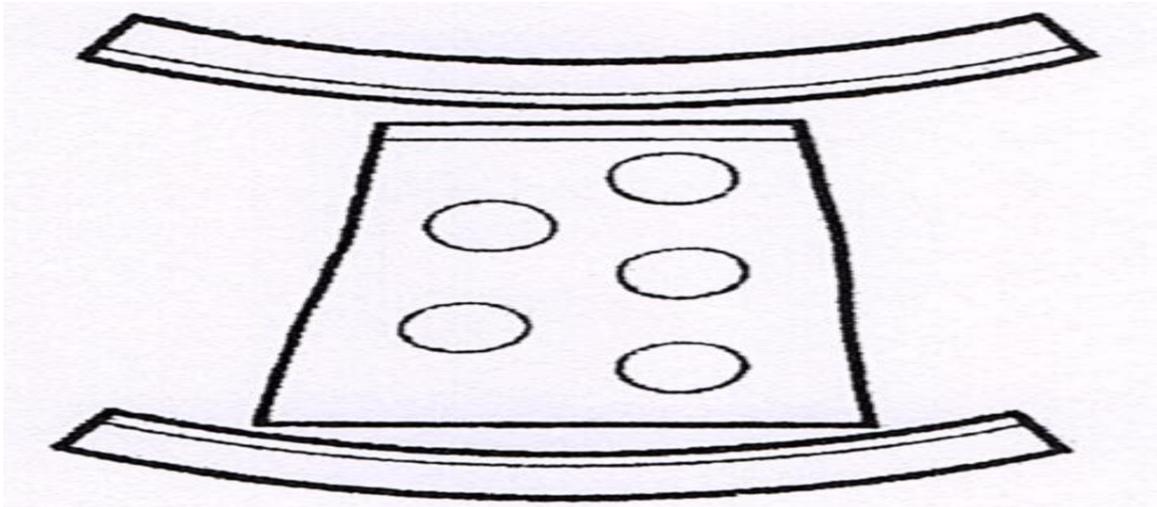


Gráfico 13. Desagüe del fulón de curtido.

(Bacardit, 2004), menciona que cada recámara dispone de dos o tres válvulas de descarga. Anteriormente, este sistema de desagüe iba directo al desagüe general de la fábrica, pero hoy en día se dispone de un sistema de recuperación de baño formado por un canal rectangular y semicilíndrico que recoge el baño del sistema de desagüe por válvula. Con ello se consigue no mojar tanto la sala de trabajo y poder recircular el baño a otros bombos, instaurar el sistema de recuperación de pelo en el pelambre, separar agua para su tratamiento específico, etc. En la parte exterior del bombo nos encontramos con la parte fundamental de su sujeción: la corona y la cruceta con sus respectivos ejes. La corona está formada por un eje de cuatro o seis brazos y en la parte exterior hay una corona dentada. El eje varía entre 10 y 30 cm dependiendo del tamaño del bombo. En los ejes tanto de la corona como de la cruceta hay un orificio central para la entrada de líquidos de 32-100 mm. Los brazos de la corona están fijados a los laterales del bombo mediante tornillos de acero inoxidable u otro material con cabota de 6-8 cm de diámetro situados en el interior del bombo bien pulidos para evitar el rayado de las pieles.

(Adzet, 2005), señala que en el lado opuesto se coloca la cruceta con un dimensionado de eje y brazos igual al de la corona. La cruceta también está fijada a los tabloncillos laterales del bombo con tornillos como los anteriores. Los ejes van

montados para los bombos pequeños sobre dados encasquillados, y para los bombos grandes o muy revolucionados los ejes van montados sobre cojinetes de rodillos. La rotación del bombo se realiza por transmisión a través o bien de un motorreductor con sistema de embrague o bien actualmente mediante un variador de frecuencia. Tanto un sistema como el otro, amortiguan en las arrancadas y paradas el golpe de arrastre debido al peso total bruto (para bombos grandes éste puede llegar a 50 Tm). La transmisión del movimiento se realiza a través del piñón acoplado al reductor. El piñón suele ser de nylatron o de bronce para evitar ruidos o en caso de cualquier problema que se pueda presentar de ataque entre piñón y corona para evitar daños en la corona. El nylatron provoca menos ruidos, pero tiene más desgaste. Hay algunos bombos pequeños o de pequeña carga cuyo accionamiento es por correas trapezoidales acopladas desde la polea a la circunferencia exterior del bombo. Pero hoy en día existen algunos bombos así instalados que dan bastantes problemas. Primero por excesiva carga y segundo por las correas, con el tiempo se alargan de forma desigual y el arrastre es deficiente.

(Bacardit, 2004), manifiesta que los bombos acostumbran a ir montados en bancadas elevadas del suelo lo suficiente para introducir la bañera de descarga o trabajar cómodamente debajo del bombo. A pesar de esto, hay que tomar una medida mínima de seguridad entre la parte más exterior del bombo (puerta) y la construcción civil donde va incorporado. Esta medida debe de ser entre 50 y 60 cm. La parte de acceso al bombo debe estar protegida con barras de seguridad señalizadas correctamente (en amarillo y negro) y/o con finales de carrera que paren el bombo al abrir una protección. Las distribuciones en planta más habituales son en línea (es decir se trabaja por detrás y las pieles se cargan por delante), o en conjunto central según el gráfico 14:

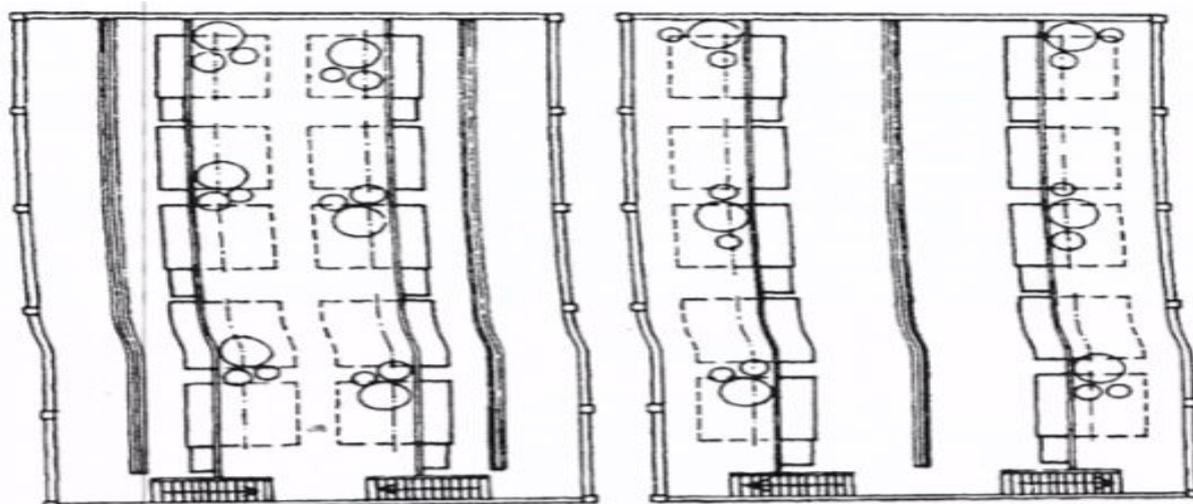


Gráfico 14. Distribución central

Distribución en línea.

(Carrasco, 2014), menciona que la velocidad a la que giran los bombos depende de su diámetro y de los procesos. Normalmente, para bombos de 3 a 4 metros de diámetro, la velocidad de giro como se indica en el cuadro 2:

Cuadro 2. PROCESOS Y VELOCIDADES DEL FULÓN.

Proceso	Velocidad de Giro
Remojo	2 - 4 r.p.m.
Pelambre	2 - 4 r.p.m.
Desencalado, rendido, curtido vegetal	4 - 8 r.p.m.
Piquel, curtición al cromo	8 - 10 r.p.m.
Recurtición, tintura, engrase	8-10 r.p.m.
	12 - 20 r.p.m

Fuente: (Carrasco, 2014)

(Morera, 2008), indica que la carga para un bombo se calcula muy aproximadamente por la mitad del volumen total, de la mitad se calcula un 40% para el peso de la piel y el resto para baño. Este valor es un poco aleatorio y orientativo ya que todo ello varía dependiendo del proceso (es muy distinto un pelambre a 4 r.p.m. que una tintura a 16 r.p.m.). Los porcentajes de baño, aunque sean sobre peso de piel son muy distintos (no es lo mismo una piel salada húmeda que una piel rebajada en WB a 1-1,1 mm, tampoco es el mismo el porcentaje de

baño para una piel al cromo que para una piel al vegetal, o para una piel vacuna que para una piel ovina). Se debe tener en cuenta el número de pieles y su espesor.

(Font, 2001), menciona que los bombos perforados son una variación tecnológica entre un bombo y una lavadora industrial de ropa. El bombo es metálico inoxidable y está sumergido en una cubeta cerrada. El bombo está perforado e interiormente está dividido en tres compartimentos iguales cada uno con una puerta exterior. En el interior de cada compartimento no hay pivotes y lo que se mueve es el baño de un compartimento a otro. De esta forma se tiene una homogeneización de todo el bombo con poco efecto mecánico. Esto permite trabajar con pieles de poco espesor, pieles con lana y peletería. Las adiciones de producto se realizan a través de depósitos previa disolución se añaden a la cubeta cerrada. Las dimensiones oscilan entre 1,5 y 2 m de diámetro y una anchura de 0,8-1,8 m. La carga depende de la operación a realizar y del tipo de piel (vacuna, ovina o peletería), como se ilustra en el (gráfico 15).

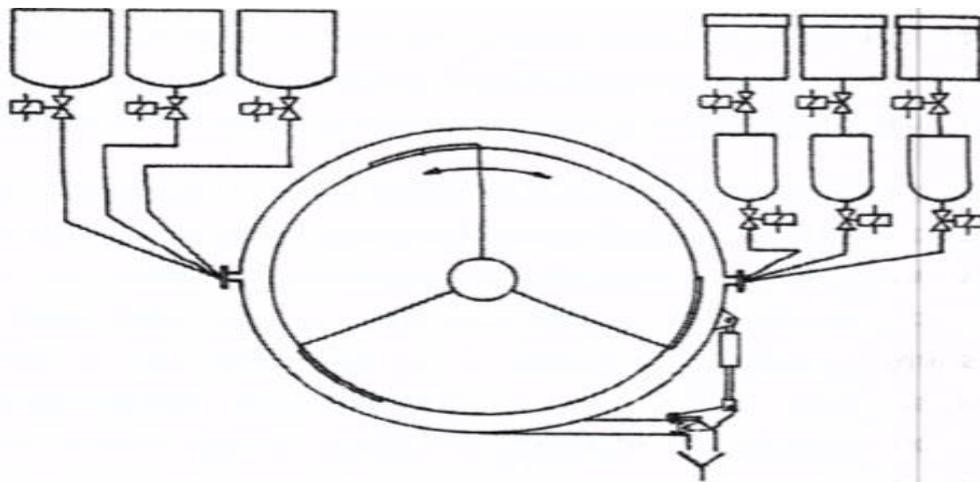


Gráfico 15. Bombo perforado.

D. ETAPA DE CURTICIÓN DE LA PIEL

(Solís, 2010), indica que las etapas de curtición de las pieles son:

- **Desencalado:** Esta etapa se ocupa de eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero. Para este procedimiento se usan disoluciones acuosas de

ácidos para neutralizar la piel, eliminando la cal y los productos alcalinos formados, como ácido clorhídrico, sulfúrico, fórmico, etc. Aquí puede haber emisiones atmosféricas de amonio (NH_3), y efluentes con carga orgánica.

- **Rendido (purga):** Es un proceso enzimático que permite un aflojamiento y ligera peptización de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que limpia la piel de restos de proteínas, pelo y grasa que hayan quedado de los procesos anteriores. Se usan enzimas proteasas absorbidas sobre aserrín de madera y agentes descalcantes (cloruro de amonio). El rendido se puede realizar en los mismos recipientes de encalado o en uno distinto.
- **Piquelado:** Se utiliza en el curtido con cromo, con el fin de eliminar totalmente el álcali que queda en la piel. En este proceso se acidifica la piel lo suficiente, de manera que se evite la precipitación de sales de cromo insoluble en las fibras del cuero durante el curtido. Se usan sales (cloruro y sulfato de sodio) y ácidos (sulfúrico y fórmico). Esta etapa puede generar efluentes ácidos. **Desengrasado** Se realiza en el curtido de pieles lanares, ya que estas poseen un alto contenido de grasa. Se puede realizar con agentes tensoactivos (jabones sódicos, detergentes sintéticos) o con disolventes orgánicos (kerosene, percloroetileno).
- **Curtido:** El curtido es la transformación de la piel en el cuero comercial, a través de un proceso de fijación del agente de curtiembre sobre la piel, en fulónes durante un tiempo determinado. El tiempo de curtido dependerá del tipo de producto a obtener, el agente de curtiembre y el proceso en sí. Posteriormente el cuero se lava para eliminar el exceso de curtiembre y luego se seca. Los agentes de curtido más usados son las sales de cromo y los curtientes naturales (taninos). Puede generar taninos vegetales y/o lodos con contenido de Cromo. En esta etapa que consta (descalcado, purga, piquelado, desengrasado y curtido) el fulón debe girar a una velocidad de 9 o 10 rpm para que las sustancias químicas con la acción mecánica que produce este movimiento puedan ingresar a las pieles, además debe girar por varios minutos en un sentido y el mismo lapso de tiempo en sentido inverso, para evitar que las pieles se amarren entre sí. **Engrase** Para obtener un cuero más suave y flexible se adicionan por impregnación aceites vegetales y animales, modificados o no y aceites minerales.

- **Recurtido:** Consiste en el tratamiento del cuero curtido con uno o más productos químicos con el objeto de obtener un cuero más lleno, con mejor resistencia al agua, mayor blandura o para favorecer la igualación de tintura que no se han podido obtener con la sola curtición convencional. Agentes recurtientes son: sales de cromo, recurtientes naturales y/o artificiales. Genera efluentes ácidos, materia orgánica, tintes y cromo. **Teñido:** Las pieles recurtidas son teñidas en fulónes mediante colorantes ácidos o básicos. En esta etapa que consta (engrase recurtido y tenido) el fulón debe girar a una velocidad de 14 a 15 rpm para que las sustancias químicas, recurtientes, anilinas y grasas con la acción mecánica que produce este movimiento ingrese a las pieles, además debe girar por varios minutos en un sentido y el mismo lapso de tiempo en sentido inverso, para evitar que las pieles se amarren entre sí.
- **Ecurrir/Clasificar:** Soluciones de curtido y baños de agua saturan los pellejos de la humedad. La sal de cromo les da el color de los huevos del petirrojo, así es que a menudo está consideran que la piel está en estado "azul mojado". La máquina de escurrir comprende dos rodillos grandes, que exprimen el agua de las pieles preparándolos para las operaciones siguientes. Después de exprimido la piel se puede evaluar de acuerdo con su calidad estética y espesor.
- **Dividir/Rebajar:** Los artículos de cuero como calzado, cinturones, accesorios y muchos otros requieren un cierto espesor para su fabricación. Para asegurar las características apropiadas para el uso en las curtidurías se implementan dos máquinas: la divididora y la rebajadora. Los lados se meten en la divididora por el lado flor de arriba (o sea por la capa de la epidermis de la cual fue quitada el pelo) y se hacen pasar por la cuchilla para crear un espesor constante. La superficie inferior (capa de carne) que está cortada se llama carnaza y, aunque el grano fue quitado, es un material muy cotizado de valor para artículos de antes. La rebajadora está equipada con un cilindro de cuchillas, que gira con 1500 r.p.m. y penetra finalmente en la parte del lado de la carne hasta el próximo nivel de espesor y abre la estructura de la fibra para los siguientes procesos químicos. El espesor se mide con el calibrador Estirado "Setting out" es un término para alisar la flor del lado y quitar la humedad, o sea para poner el cuero en las condiciones Después apropiadas para el secado. Después de acabadas

todas operaciones químicas para eliminar la humedad, los lados se hacen pasar por rodillos que se parecen a los de las máquinas de exprimir. Los filos del cilindro son de tal forma que no cortan como los de la rasuradora, sino que allanan la superficie de la flor. Las fibras del cuero se comprimen y el contenido de humedad se reduce hasta unos sesenta por ciento.

- **Secar al vacío:** Hay métodos diferentes de secar el cuero, que han sido utilizados a lo largo de siglos, pero Cudahy Tanning utiliza el sistema del secador al vacío que provee los granos de perfecta calidad para nuestra producción acabada. En el secador al vacío el lado mojado se encuentra plano en una lámina de acero inoxidable y cubierto con una pantalla con fieltro o paño. Mientras que el lado está encerrado, el vacío exprime el vapor del cuero durante pocos minutos, y la duración depende del calor de la placa, del espesor y de la recurtición del cuero.
- **Ablandar:** Una vez seco, el cuero se hace rígido y requiere reblandecimiento mecánico para aumentar la flexibilidad. La lubricación en los fulones y en las máquinas de ablandar determina la blandura o la firmeza final del cuero. Contando con estas características el curtidor hace todo lo necesario para alcanzar el propósito deseado. La máquina tiene gran cantidad de pequenísimos alfileres, que oscilan y aporream el cuero en el transportador. Este aporreador mecánico extiende y flexiona las fibras del cuero en todas direcciones, preparando una pieza más flexible y relajada.
- **Acabado:** Hemos mostrado las operaciones que convierten las pieles en un material constante con diferentes niveles de resistencia, flexibilidad y lisura. El toque final de la creación del curtidor está en añadir los últimos para aumentar aún más la belleza natural del producto y asegurar la protección del cuero para mejorar su uso. El acabador con imaginación usa los acabados para conseguir el resultado deseado. Aplicaciones ligeras se hacen por las rociadoras que al pasar el cuero por el transportador lo riegan con la película. Las películas y aceites más fuertes se aplican por los rodillos con el acabado puesto en la parte baja, donde lo levanta el rollo giratorio de acero moleteado contactando con la superficie. Después los lados deben pasar por el túnel secador para que se

evaporen los excesos de humedad, y se forme una dura película protectora sobre el cuero.

- **Prensar.** Las operaciones de prensar y estampar el relieve se ejecutan con las presas que pueden desarrollar una presión muy alta por cada pulgada cuadrada. Los niveles diferentes de calor y presión crean el efecto deseado mientras que los lados pasan por abajo de las láminas de acero inoxidable y la presa se cierra por unos segundos. Después la presa se abre y la operación se repite hasta que toda la parte del lado reciba el tratamiento. Una lámina especialmente grabada se usa para estampar cualquier relieve de moda sobre el cuero. El acabado y el prensado a menudo se hacen juntos en el periodo de una sola semana. Es común cuando el acabado va seguido del prensado, más tarde se repite otra capa de acabado y seguidamente la de prensado y así sucesivamente.
- **Clasificación final:** Se clasifica por dureza, igualdad de color y espesor, y la cantidad de cualquier defecto en su superficie. Los sistemas intensivos del control de la calidad permiten proceder a la siguiente etapa en caso de que el producto responda a todos los requisitos estándares. Los inspectores de la Clasificación Final controlan el producto por un nivel estándar y prepara los lados para el empaquetado y transporte a nuestros clientes.

E. ETAPA DE TERMINADOS DEL CUERO

Según (Villamil, 2017), las etapas de terminado son:

- **Escurrir/Clasificar:** Soluciones de curtido y baños de agua saturan los pellejos de la humedad. La sal de cromo les da el color de los huevos del petirrojo, así es que a menudo está consideran que la piel está en estado "azul mojado". La máquina de escurrir comprende dos rodillos grandes, que exprimen el agua de las pieles preparándolos para las operaciones siguientes. Después de exprimido la piel se puede evaluar de acuerdo con su calidad estética y espesor.
- **Dividir/Rebajar** Los artículos de cuero como calzado, cinturones, accesorios y muchos otros requieren un cierto espesor para su fabricación. Para asegurar las

características apropiadas para el uso en las curtidurías se implementan dos máquinas: la divididora y la rebajadora. Los lados se meten en la divididora por el lado flor de arriba (o sea por la capa de la epidermis de la cual fue quitada el pelo) y se hacen pasar por la cuchilla para crear un espesor constante. La superficie inferior (capa de carne) que está cortada se llama carnaza y, aunque el grano fue quitado, es un material de valor para artículos de ante. La rebajadora está equipada con un cilindro de cuchillas, que gira con 1500 r.p.m. y penetra finalmente en la parte del lado de la carne hasta el próximo nivel de espesor y abre la estructura de la fibra para los siguientes procesos químicos. El espesor se mide con el calibrador.

- Estirado "Setting out" es un término para alisar la flor del lado y quitar la humedad, o sea para poner el cuero en las condiciones Después apropiadas para el secado. Después de acabadas todas operaciones químicas para eliminar la humedad, los lados se hacen pasar por rodillos que se parecen a los de las máquinas de exprimir. Los filos del cilindro son de tal forma que no cortan como los de la rasuradora, sino que allanan la superficie de la flor. Las fibras del cuero se comprimen y el contenido de humedad se reduce hasta unos sesenta por ciento.
- Secar al vacío hay métodos diferentes de secar el cuero, que han sido utilizados a lo largo de siglos, pero Cudahy Tanning utiliza el sistema del secador al vacío que provee los granos de perfecta calidad para nuestros Producción acabada. En el secador al vacío el lado mojado se encuentra plano en una lámina de acero inoxidable y cubierto con una pantalla con fieltro o paño. Mientras que el lado está encerrado, el vacío exprime el vapor del cuero durante pocos minutos, y la duración depende del calor de la placa, del espesor y de recurtición del cuero.
- Ablandar Una vez seco, el cuero se hace rígido y requiere reblandecimiento mecánico para aumentar la flexibilidad. La lubricación en los fulones y en las máquinas de ablandar determina la blandura o la firmeza final del cuero. Contando con estas características el curtidor hace todo lo necesario para alcanzar el propósito deseado. La máquina tiene gran cantidad de pequeñísimos alfileres, que oscilan y aporrean el cuero en el transportador. Este aporreador

mecánico extiende y flexiona las fibras del cuero en todas direcciones, preparando una pieza más flexible y relajada. Acabado Hemos mostrado las operaciones que convierten las pieles en un material constante con diferentes niveles de resistencia, flexibilidad y lisura.

- El toque final de la creación del curtidor está en añadir los último para aumentar aún más la belleza natural del producto y asegurar la protección del cuero para mejorar su uso. El acabador con imaginación usa los acabados para conseguir el resultado deseado. Aplicaciones ligeras se hacen por las rociadoras que al pasar el cuero por el transportador lo riegan con la película. Las películas y aceites más fuertes se aplican por los rodillos con el acabado puesto en la parte baja, donde lo levanta el rollo giratorio de acero moleteado contactando con la superficie. Después los lados deben pasar por el túnel secador para que se evaporen los excesos de humedad, y se forme una dura película protectora sobre el cuero.
- Prensar: Las operaciones de prensar y estampar el relieve se ejecutan con las presas que pueden desarrollar una presión muy alta por cada pulgada cuadrada. Los niveles diferentes de calor y presión crean el efecto deseado mientras que los lados pasan por abajo de las láminas de acero inoxidable y la presa se cierra por unos segundos. Después la presa se abre y la operación se repite hasta que toda la parte del lado reciba el tratamiento. Una lámina especialmente grabada se usa para estampar cualquier relieve de moda sobre el cuero.
- El acabado y el prensado a menudo se hacen juntos en el periodo de una sola semana. Es común cuando el acabado va seguido del prensado, más tarde se repite otra capa de acabado y seguidamente la de prensado y así sucesivamente. Clasificación final Se clasifica por dureza, igualdad de color y espesor, y la cantidad de cualquier defecto en su superficie. Los sistemas intensivos del control de la calidad permiten proceder a la siguiente etapa en caso de que el producto responda a todos los requisitos estándares Los inspectores de la Clasificación Final controlan el producto por un nivel estándar y prepara los lados para el empaçado y transporte a nuestros clientes.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, que se encuentra ubicada en la Panamericana Sur Km 1½, del cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. El tiempo de duración de la presente investigación fue de 70 días, distribuidos entre las diferentes etapas y actividades a desarrollarse para el cumplimiento de los objetivos. En el cuadro 3, se muestran los valores de las variables meteorológicas de la zona donde se ejecutó el presente proyecto de investigación.

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

Variable Meteorológica	Valor	Unidad
Precipitación	0,3	mm
Temperatura mínima	7	°C
Temperatura máxima	20	°C
Humedad	82	%
Velocidad del viento	27	km/h

Fuente: Estación meteorológica de la FRN, de la ESPOCH. (2015).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Considerando que en el presente trabajo de titulación se realizó el diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores y posterior evaluación a través de pruebas pilotos para validar su funcionamiento no se requiere establecer unidades de carácter experimental, únicamente se utilizó pieles curtidas al cromo y pieles curtidas con tara.

C. INSTALACIONES, EQUIPOS Y MATERIALES

Para el desarrollo de las actividades previstas dentro de la presente investigación se utilizó los siguientes materiales y equipos:

- Juegos de crucetas.
- Juegos de cerchas.
- Tapas metálicas.
- Aletas.
- Disco.
- Plancha metálica.
- Chumaceras.
- Platos tipo crucetas de acero A36; A101 1 con Ejes.
- Poleas de aluminio con 2 canales para banda tipo V.
- Bandas en tipo en V.
- Pernos de aceros de 5 "8 con rosca gruesa.
- Candado de 2 vías.
- Caballete metálico.
- Motor—reductor.
- Herrajes de tapas.
- Pieles.
- Productos para el curtido.
- Productos para el remojo.
- productos para el acabado.
- Fluxómetro.
- Herramientas para mecánica industrial.
- Generador eléctrico.
- Sistema de bombeo.
- Recipientes de metal de diferentes capacidades.
- Cronómetro.
- Insumos de oficina.

- Botas.
- Guantes.
- Mascarilla.
- Mandil.
- Cofia.

1. **Equipos**

- Balanza analítica.
- Termómetro.
- Calculadora.
- Computadora.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Equipos de medición física del cuero.
- Soldadora.
- Dobladoras de metal.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias, lugar dónde se diseñó y se implementó el prototipo mecánico denominado bombo metálico para la curtición de pieles menores; por lo que, el presente proyecto no dispone de tratamientos experimentales, sino que responde al estudio de un diseño de procesos; y además, se realizó una comparación de la curtición de pieles menores utilizando el curtiente tradicional que es el cromo en 4 pieles y otras 4 pieles con curtiente vegetal tara.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Para la valoración de la eficiencia del bombo metálico en la curtición de las pieles se realizó la cuantificación de las siguientes variables experimentales:

1. De la calidad física del cuero

- Porcentaje de Elongación (%).
- Resistencia a la tensión (N/cm²).
- Temperatura de encogimiento (°C).

2. De la calidad sensorial del cuero

- Tacto (puntos).
- Blandura (puntos).
- Llenura (puntos).

3. Análisis mecánico del equipo

- Eficiencia del equipo.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Para el ordenamiento, síntesis y análisis de los datos obtenidos en la medición experimental referentes a la eficiencia y condiciones del bombo o fulón metálico para curtir pieles de especies menores se aplicó una estadística de carácter descriptiva a las diferentes mediciones experimentales y que contempló las siguientes pruebas:

- Media.
- Mediana.
- Moda.
- Varianza.
- Desviación estándar.
- Prueba de t student.

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El procedimiento que se llevó a cabo para el diseño e implementación del prototipo mecánico, bombo para el laboratorio de curtiembre de la ESPOCH fue:

1. Acondicionamiento

El acondicionamiento constituyó la medición del espacio físico que se dispuso para instalar el prototipo mecánico en el laboratorio y también las condiciones a la cual estuvo expuesto este prototipo mecánico para lograr escoger los materiales que sean aptos para alargar la vida útil del equipo; además de, conocer todos los factores que puedan cambiar el funcionamiento normal del equipo y para lo cual se debe escoger las mejores condiciones de construcción asegurando la calidad de su funcionamiento.

2. Construcción del equipo

- Cortes de metal: Se procedió a realizar los cortes con la máquina cortadora de metal, a las planchas del material escogido en una medida de las especificaciones que se dio para la construcción del equipo para la curtición.
- Canteado del metal: Al metal cortado, se procedió a realizar cortes en las piezas de metal con la máquina canteadora en una medida de 110 cm de largo por 9 cm de ancho y por 4 cm de espesor; de acuerdo estas medidas a las especificaciones técnicas para la construcción del equipo.
- Cepillada del metal: Las piezas de metal cortadas se procedieron a cepillarles para proporcionar lisura a las piezas de metal; las mismas que sirvieron para proceder a armar la estructura del fulón.

- Trazado de disco o platos: En este paso se procedió a colocar las crucetas de acero A36 y A1011 en un eje de 25,5 cm de largo con un diámetro de 7,3 cm por 0,3 cm de espesor, lo cual sirve para hacer girar el fulón.
- Acoplamiento de tacos o tarugos y aletas: En este paso se procedió a acoplar los tacos o tarugos de metal con una medición de 11,5 cm de largo con diámetro de 6,5 cm, para después acoplar las aletas de metal cuya dimensión fue de 11,5 cm de alto 95 cm de largo con un espesor de 4 cm.
- Acoplamiento y centrado de los platos: Para este paso se procedió a acoplar el disco de metal constituido por 6 piezas de 23 cm largo por un espesor de 4 cm; y, centrar el plato tipo cruceta de acero A36 con y eje de 25,5 largo con un diámetro de 7,3 cm por un espesor de 0,3 cm.
- Acoplamiento y centrado de la polea: Para este paso se procedió a acoplar el disco de metal que constituido por 6 piezas de 23 cm largo por un espesor de 4 cm y poder centrar la polea de aluminio con un diámetro de 62 cm, la polea consta de 2 canales para banda tipo V.
- Colocación de los sunchos: Se procedió a colocar una varilla de acero de 5/8 en forma de suncho unido por un candado de doble vía; la cual sirvió para apretar la circunferencia del fulón y también para mantener firme el acoplamiento de las piezas de la madera.
- Acoplamiento de la cercha: En este paso procedió a acoplar las cerchas de metal por sus caras y cantos del equipo, cuya función fue conseguir una fijación precisa en la estructura del fulón.
- Reajuste y Colocación Pernos: Se procedió a colocar y reajustar las diferentes dimensiones de pernos que se incluyó en la construcción del equipo entre ellos se tiene, 21 pernos de acero de 4 pulgadas de 5/8 con rosca gruesa, 4 pernos de 25 m de 5/8 para el acoplamiento de la chumacera de madera y 8 pernos de 3/8 de 6 pulgadas para el acoplamiento de los tacos y aletas.

- Elaboración y colocación de las tapas de metal: En este paso se realizó la construcción de las tapas del fulón con las siguientes dimensiones de 48 cm de largo por 42,5 cm de ancho con espesor de 3cm, también se incluirá un juego de herrajes.
- Acoplamiento del motor-reductor: Motor-reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente. El motor-reductor es de 60Hz trifásico con una instalación eléctrica tipo triángulo.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para los resultados de las resistencias físicas del cuero ovino se utilizó las instalaciones del laboratorio de control de calidad del laboratorio de Curtición de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

1. Resistencias físicas

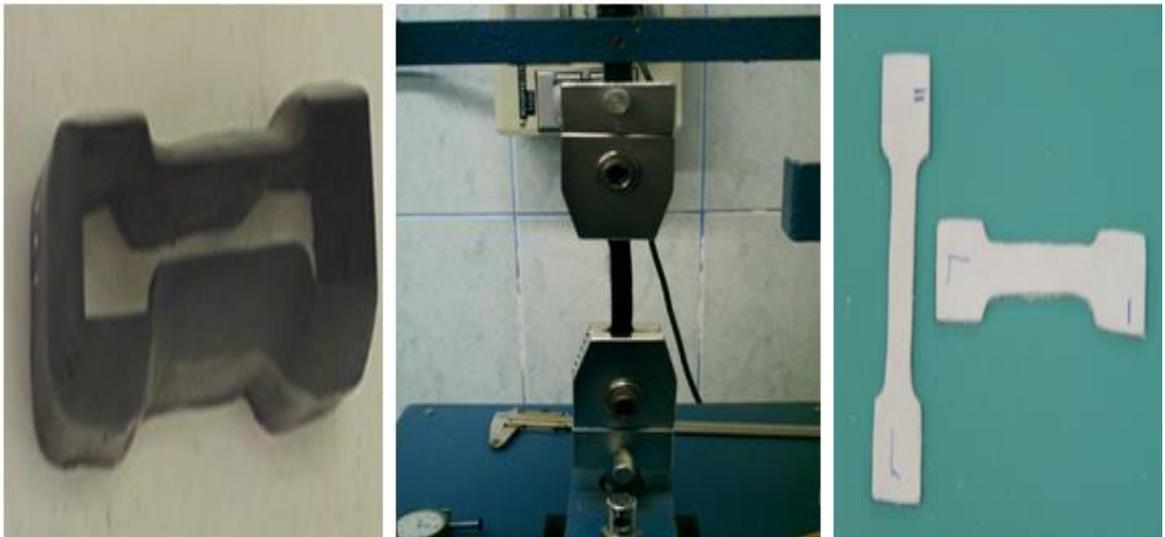
El análisis de las resistencias físicas debió ser lo más homogéneo y con mucha prolijidad en realizarlas, se tomó en cuenta los siguientes parámetros:

- Los resultados de los ensayos físicos dependieron de la dirección de corte de las probetas. Pero los efectos de la direccionalidad no son los mismos para todas las propiedades físicas (ejemplo: Para la resistencia a la tracción son mucho más acusados que para la resistencia al desgarro).
- En ciertas áreas de la piel hubo más diferencias direccionales en la estructura fibrosa que en otras. En las faldas, cuellos y culata son mucho más pronunciadas que en el centro del cuero.
- En general, las probetas cortadas paralelamente al espinazo dan valores de resistencia a la tracción superior a las cortadas perpendicularmente cuando se

han tomado cerca del espinazo. Pero esto no es así en toda el área del cuero: En la zona de las faldas cercana a las garras las direcciones preferenciales de los haces de fibras se curvan formando un ángulo casi recto con el espinazo. En esa región la mayor resistencia presenta las probetas cortadas en perpendicular a la línea del espinazo.

a. Resistencia a la tensión

El objetivo de esta prueba fue determinar la resistencia a la ruptura, que se provocó al someter la probeta a un estiramiento que se aplicó lentamente, al efectuarse el estiramiento se produjo el rompimiento de las cadenas fibrosas del cuero. En la fotografía 1, se ilustra el corte de la probeta de cuero.



Fotografía 1. Corte de la probeta de cuero.

En un ensayo de tensión la operación se realizó sujetando los extremos opuestos de la probeta y separándolos, la probeta se alargó en una dirección paralela a la carga aplicada, esta probeta se colocó dentro de las mordazas tensoras y se cuidó que no se produzca un deslizamiento de la probeta porque de lo contrario pudo falsear el resultado del ensayo. En la fotografía 2, se ilustra el troquel para realizar el corte de la probeta de cuero.



Fotografía 2. Troquel para realizar el corte de la probeta para el análisis de la resistencia a la tensión.

La máquina que se utilizó para realizar el test estuvo 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 permanente es decir rotura, (fotografía 3).



Fotografía 3. Equipo para realizar la medición de la resistencia a la tensión.

La evaluación del ensayo se realizó tomando como referencia en este caso las normas IUP 6 (cuadro 4).

Cuadro 4. REFERENCIA DE LAS NORMAS IUP 6, PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN.

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

Se procedió a calcular la resistencia a la tensión o tracción según la fórmula detallada a continuación:

Fórmula

$$Rt = \frac{C}{A \times E}$$

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

El procedimiento a seguir fue:

- Se tomó las medidas de la probeta (espesor) con el calibrador en tres posiciones, luego se tomó 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 realizó el test o ensayo. En la fotografía 4, se ilustra el equipo para medir el calibre del cuero.



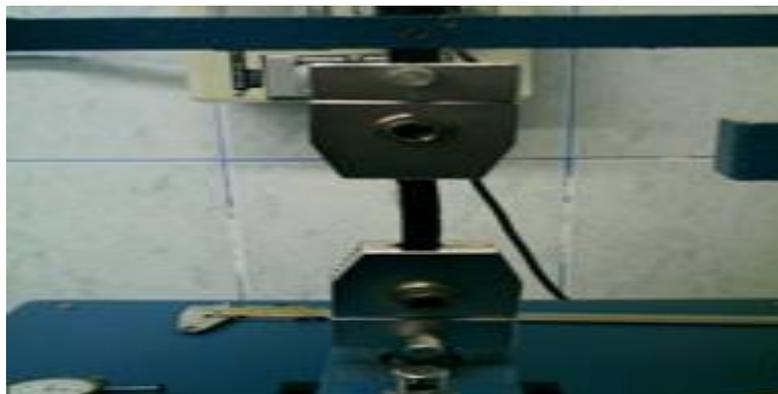
Fotografía 4. Equipo para medir el calibre del cuero.

- Se tomó las medidas de la probeta (ancho) con el Pie de rey, se realizó la medición de la longitud inicial del cuero (fotografía 5).



Fotografía 5. Medición de la longitud inicial del cuero.

- Luego se colocó la probeta entre las mordazas tensoras, como se ilustra en el (Fotografía 6).



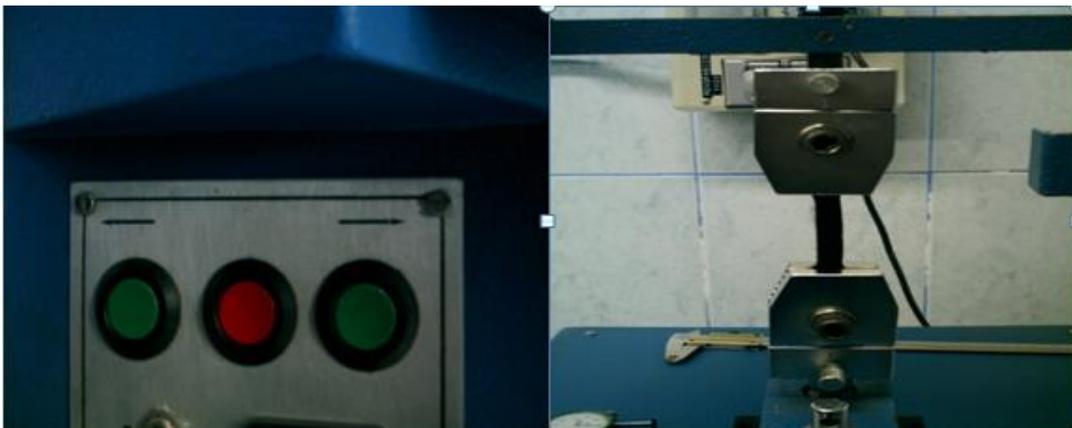
Fotografía 6. Colocación de la probeta de cuero entre las mordazas tensoras.

- Posteriormente se encendió el equipo y se procedió a calibrarlo. A continuación, se encero el display (presionando los botones negros como se indica en fotografía 7; luego se giró la perilla de color negro-rojo hasta encerrar por completo el display).



Fotografía 7. Encendido del equipo.

- Luego se puso en funcionamiento el tensiómetro de estiramiento presionando el botón de color verde como se indica en la ilustración del (Fotografía 8).



Fotografía 8. Puesta en marcha del prototipo mecánico para medir la resistencia a la tensión del cuero.

- Finalmente se registró el dato obtenido y se aplicó la fórmula.

b. Porcentaje de elongación

El ensayo del porcentaje de elongación a la rotura se utilizó para evaluar la capacidad del cuero para resistir las tensiones multidireccionales a que se encuentra sometido en sus usos prácticos. La elongación es particularmente necesaria en los cosidos, en los ojales, y en todas las piezas con orificios o entalladuras sometidas a tensión. Las normas y directrices de calidad de la mayor parte de curtidos especifican el cumplimiento de unos valores mínimos del porcentaje de elongación. La característica esencial del ensayo es que, a diferencia de la tracción, la fuerza aplicada a la probeta se repartió por el entramado fibroso del cuero a las zonas adyacentes y en la práctica la probeta se comportó como si sufriera simultáneamente tracciones en todas las direcciones. Por ello el 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. Existen varios procedimientos para medir este porcentaje, pero el más utilizado es el método IUP 40 llamado desgarró de doble filo, conocido también como método Baumann, en el que se mide la fuerza media de desgarró.

- Se cortó una ranura en la probeta.
- Los extremos curvados de dos piezas en forma de "L" se introdujo en la ranura practicada en la probeta.
- Estas piezas estuvieron fijadas por su otro extremo en las mordazas de un dinamómetro como el que se usa en el ensayo de tracción.
- Al colocar en marcha el instrumento las piezas en forma de "L" introducidas en la probeta separaron a velocidad constante en dirección perpendicular al lado mayor de la ranura causando el desgarró del cuero hasta su rotura total.

c. Temperatura de encogimiento

- Objeto: Esta norma estableció el método para determinar la temperatura de encogimiento en cueros.

- Alcance: Esta norma se aplicó en la fabricación de cueros de cualquier tipo.
- Terminología: Temperatura de encogimiento. Es la temperatura a la cual se produce un encogimiento perceptible, al calentar gradualmente un cuero sumergido en un medio acuoso.
- El ensayo tiene la finalidad de determinar la temperatura a la cual empezó el encogimiento de una probeta o muestra de cuero, colocada en un medio acuoso, después de experimentar un hinchamiento.
- La probeta o muestra rectangular, mantenida en posición vertical entre una mordaza fija y otra móvil, es sumergida en, un medio acuoso (agua, o mezcla glicerina-agua, para ensayos a temperaturas superiores a 100 °C). Se observó la variación de su longitud al calentarla en el medio líquido, a un gradiente uniforme de temperatura, y determinar la temperatura a la cual inicia su encogimiento.

Los instrumentos y el muestro se los realizo de la siguiente manera

- Soporte (S) adecuado para el dispositivo de ensayo;
Un vaso (V) de 1 000 cm³, tipo alto, que contuvo el medio líquido, agua destilada o mezcla de glicerina agua compuesta de 75% (vol.) de glicerina y 25% (vol.) de agua.
- Dos mordazas para sujetar la probeta de cuero, de un ancho mínimo de 15 mm; la mordaza superior (M1) es móvil, dispuesta de modo que pueda transmitir su movimiento vertical al indicador (g), y la inferior (M2) se encontró fijada al soporte;
- Un agitador (A);
- Un termómetro (T), con escala hasta 120 °C;
- Un calentador (C) eléctrico de inmersión y reóstato, que permite elevar la temperatura del medio líquido, de modo que aumente de 3 a 5°/min.

- Un dispositivo indicador (D) del movimiento vertical de la mordaza móvil (M1), que aumentó el desplazamiento 25 veces por lo menos, provisto de una polea y contrapeso (P), que debió contrabalancear el peso de la mordaza móvil (M1), superar el rozamiento del mecanismo y mantener la probeta bajo una leve tensión. El muestreo de los cueros se efectuó de acuerdo a la Norma INEN 577.
- Se extrajeron las muestras o probetas una vez que hayan sido acondicionadas en la atmósfera normal de acondicionamiento, de acuerdo a la Norma INEN 553.
- Se cortó las muestras o probetas rectangulares de 13 mm x 75 mm, las mismas que no tuvieron fallas por causas mecánicas, de acuerdo a la Norma INEN 551.

El procedimiento a seguir fue:

- Se introdujo, en el medio líquido contenido en el vaso (V), el agitador (A), el calentador (C) y el termómetro (T); se ajustó la temperatura a $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
- Se ensayó con 2 probetas o muestras como mínimo, sin acondicionarlas antes del ensayo. Se fijó la probeta o muestra en la mordaza inferior (M2) y se ajustó la mordaza superior móvil (M1) a una distancia de 65 mm sobre la fija (M2).
- Se conectó la mordaza móvil (M1) con el dispositivo indicador (D). Se sumergió la probeta sujeta entre las dos mordazas completamente en el medio líquido y se puso en marcha el agitador. Se dejó que el líquido penetre en la probeta.
- Se colocó el contrapeso (P) y ajustó a cero el punto de referencia del dispositivo indicador (D).
- Se agitó permanentemente, se calentó de modo que la temperatura aumente de 3 a $5^{\circ}/\text{min}$.
- Se realizó la lectura de la temperatura del medio líquido en $^{\circ}\text{C}$, en el instante en que la probeta empezó a contraerse, después de un hinchamiento preliminar.

Los cálculos e informe de resultados se los efectuó de la siguiente manera:

- Se calculó el promedio aritmético de las temperaturas de encogimiento, correspondientes a las probetas ensayadas.
- Se expresó la temperatura de encogimiento del cuero en °C, redondeada al múltiplo más próximo de 1°. Como resultado final debió reportarse:
- Las características del lote ensayado (cantidad de cueros, procedencia, destino, etc.), las partes del cuero de las cuales se cortaron las muestras;
- Los resultados del ensayo, a saber, la (s) temperatura (s) de encogimiento, cualquier dato no especificado en esta norma o considerado como opcional, así como cualquier circunstancia que pueda haber influido sobre el resultado.
- Se incluyó todos los detalles necesarios para la completa identificación de la muestra. NTE INEN 562 1981-01, como se ilustra en la (fotografía 9).



Fotografía 9. Medición de la temperatura de encogimiento del cuero caprino.

2. Análisis sensorial

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través del impacto de los sentidos que son los que indicaron que características presentó cada uno de los cueros ovinos dando una calificación correspondiente a 5 excelente, 4 muy buena; 3 buena; 2 regular y 1 baja; en lo que se refiere a tacto, blandura y llenura.

a. Tacto

En todos los procesos de fabricación existen variaciones que pueden afectar la calidad final del producto, en el caso de la industria del cuero al trabajar con productos químicos y materia prima de diversas procedencias y calidades, estas variaciones se vuelven más subjetivas, que afectan directamente a las cualidades sensoriales del cuero por lo tanto para evaluar la calificación sensorial de tacto se deslizo muy suavemente la palma de la mano sobre la superficie del cuero para identificar la sensación que este produce al juez, si es suave y delicado el tacto se calificó con las puntuaciones más altas y si por el contrario produjo una sensación áspera, acartonada y a veces inclusive grosera, se los puntuara con las calificaciones más bajas.

b. Blandura

La medición de la blandura del cuero se realizó sensorialmente; es decir, el juez calificador tomó entre las yemas de sus dedos el cuero y realizó varias torsiones por toda la superficie tanto en el lomo como en las faldas para determinar la suavidad y caída del cuero y se lo calificó en una escala que va de 1, que representa menor caída y mayor dureza, a 5, que es un material muy suave y con buena caída; mientras tanto que, valores intermedios serán sinónimos de menor blandura.

c. Llenura

Para detectar la llenura del cuero ovino se palpó sobre todo la zona de los flancos del cuero y se calificó el enriquecimiento de las fibras de colágeno, los parámetros a determinar se refirieron a identificar, si las fibras de colágeno estaban llenas o vacías, y de acuerdo a esto se procedió a establecer la calificación.

3. Eficiencia del bombo metálico

Para realizar el cálculo de la eficiencia del bombo metálico se utilizó la calificación sensorial de blandura debido a que cuando en un bombo se realiza muy bien el curtido los resultados serán un cuero agradablemente suave.

$$\text{Eficiencia del bombo} = \frac{\text{Blandura esperada} - \text{Blandura observada}}{\text{Blandura esperado}} \times 100$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONFECCION DEL BOMBO METALICO 315-BB

1. Diámetro interno y externo de la chumacera

El diámetro interno y externo de la chumacera fue de:

- Interno: 3 pulgadas
- Externo: 5 pulgadas



Fotografía 10. Chumaceras bipartidas de 3 pulgadas.

La respectiva tolerancia de los diámetros tanto interno como externo del bombo metálico para el curtido de pieles fue de 1 / 100 mm

2. Características de rodamientos

El bombo metálico estuvo construido con Rodillos cilíndricas, que se ilustran en la fotografía 11.



Fotografía 11. Rodillos cilíndricos del bombo metálico BB 315.

3. Fuerzas que soportan los apoyos

La fuerza que soportan los apoyos del bombo metálico fue de $1000 \text{ kg} \times \text{cm}^2$ la Chumacera estaba asentada en una Columnas de cemento: $130 \text{ kg} \times \text{cm}^2$.

4. Fuerza al interior de las paredes del bombo

La fuerza interior de las paredes del bombo fue de 7000 kg A – tracción

5. Características y dimensiones de la tapa

Las características y dimensiones de la tapa fueron de

- Tapa circular
- Radio: 15 cm
- Diámetro: 30 cm
- Agujero en el centro de la tapa grande de $1 \frac{1}{2}$ pulgada con su respectiva tapa.
- Empaque de caucho en el interior de la tapa grande y pequeña para evitar la fuga de agua e insumos.
- 4 platinos de 4 cm distribuidos en la tapa grande con perforaciones para su respectivo serado.

6. Calidad de la chumacera

La calidad de la chumacera de la compañía fabricante se dedica al diseño y provisión de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para mantenimiento, productos mecatrónicos, productos para transmisión de potencia 1. El tiempo estimado de uso diario del bombo fue de:

- 40.000 horas
- 10 años (depreciación)
- 8 horas / día

La Chumacera tiene las especificaciones que describen la duración nominal y que nos permite calcular la vida útil de la misma para dar un mantenimiento preventivo.

- 20.000 horas
- 5 años cambio

B. DIMENSIONAMIENTO DEL BOMBO

1. Especificaciones generales

- Carga

El bombo tiene la capacidad de tratar cinco pieles que pesan cinco kilos cada una con lana más, el peso del agua que resiste hasta 400 %.

- **Capacidad máxima**

$$M_t = M_p + M_{H_2O} + M_i$$

Donde

M_t = peso total (Kg)

M_p = peso de las pieles (Kg)

M_{H_2O} = peso del agua (Kg)

M_i = Peso de los insumos (kg)

- **Cálculo del peso de las pieles**

$$M_p = 15 \text{ pieles} * 5 \text{ Kg}$$

$$M_p = 75 \text{ Kg}$$

- **Cálculo del peso de agua.**

$$M_{H_2O} = 75 \text{ Kg} * 400 \%$$

$$M_{H_2O} = 300 \text{ Kg}$$

- **Cálculo del peso de los insumos.**

Para realizar el cálculo del peso se asumió que los insumos llegaron a pesar no más del 1% del peso entre las pieles y el agua

$$M_i = (M_p + M_{H_2O}) * 1 \%$$

$$M_i = (75 + 300) \text{ Kg} * 1 \%$$

$$M_i = 3,75 \text{ Kg}$$

- **Cálculo del peso másico total.**

$$M_t = M_p + M_{H_2O} + M_i$$

$$M_t = 75 \text{ Kg} + 300 \text{ Kg} + 3,75 \text{ Kg}$$

$$M_t = 378,75 \text{ Kg}$$

- **Capacidad volumétrica**

$$V_t = V_p + V_{H_2O} + V_s$$

Donde

V_t = volumen total (m^3)

V_p = volumen de las pieles (m^3)

V_{H_2O} = Volumen del agua (m^3)

V_s = Volumen de seguridad (m^3)

- **Capacidad volumétrica de las pieles**

La densidad de las pieles tiene un promedio de 977 Kg/m^3

$$V_p = \frac{M_p}{\delta}$$

$$V_p = \frac{75 \text{ Kg}}{977 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_p = 0,077 \text{ m}^3$$

- **Capacidad volumétrica del agua**

La densidad del agua es de 998 Kg/m^3

$$V_{H_2O} = \frac{M_{H_2O}}{\delta}$$

$$V_{H_2O} = \frac{300 \text{ Kg}}{1000 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V_{H_2O} = 0,30 \text{ m}^3$$

- **Capacidad volumétrica de seguridad**

Este parámetro abarcó el volumen de vacío que debió tener el bombo para poner a circular las pieles dentro de ella y puedan procesarse de mejor manera, el cual va a estar el 75% de su volumen vacío

$$V_s = (V_p + V_{H_2O}) * \frac{75 \%}{25 \%}$$

$$V_s = (0,077 + 0,30) \text{ m}^3 * \frac{75 \%}{25 \%}$$

$$V_s = 1,13 \text{ m}^3$$

- **Capacidad del volumen total**

$$V_t = 0,077 \text{ m}^3 + 0,30 \text{ m}^3 + 1,13 \text{ m}^3$$

$$V_t = 1,51 \text{ m}^3$$

2. Dimensiones del bombo

Para la facilitación de los cálculos se asumió que el bombo va a tener 1 metro de diámetro externo y de 0,995 de diámetro interno.

- **Área del bombo**

$$A_b = 2\pi r^2$$

Donde

A_b = Área del bombo (m²)

r = radio del bombo (m)

π = constante pi (3,1416)

$$A_b = 2\pi(0,497 \text{ m})^2$$

$$A_b = 1,55 \text{ m}^2$$

- **Longitud del bombo**

$$L_b = \frac{V_t}{A_b}$$

Donde

L_b = longitud del bombo (m)

$$L_b = \frac{1,51 \text{ m}^3}{1,55 \text{ m}^2}$$

$$L_b = 0,98 \text{ m}$$

Sumando el espesor de 0,005m, tendrá un $L_b = 1 \text{ m}$

- **Pieza fundida**

$$h_p = \frac{D_b}{2}$$

Donde:

h_p = Altura de la pieza (m)

D_b = Diámetro del bombo (m)

$$h_p = \frac{1m}{2}$$

$$h_p = 0,5m$$

- **Altura de las bases de hormigón**

Para la altura de las bases de hormigón se asumió que tendrá un 40 % más alto que el radio del bombo

$$A_h = r + (r * 40 \%)$$

Donde:

A_h = Altura de las bases de hormigón (m)

$$A_h = 0,5 + (0,5 * 40 \%)$$

$$A_h = 0,7m$$

3. Características y dimensiones de la tapa del bombo

El diámetro de la tapa se calculó de acuerdo al tamaño de las pieles que entra y en la facilidad de extraerla, para ello se asumió que el diámetro de la tapa es de 0,3 m, contó con un agujero en el centro de la tapa grande de 1 ½ pulgada con su respectiva tapa. Y un empaque de caucho en el interior de la tapa grande y pequeña para evitar la fuga de agua e insumos. 4 platinos de 4 cm distribuidos en la tapa grande con perforaciones para su respectivo serado.

4. Cálculos del volumen del bombo metálico 315-BB

- **Volumen del espesor del bombo**

$$V_e = V_{ext} - V_{int}$$

Donde

V_e =Volumen del espesor del bombo (m^3)

V_{ext} =Volumen externo del bombo (m^3)

V_{int} =Volumen interno del bombo (m^3)

- **Volumen del externo del bombo**

$$V_{ext} = 2\pi r_{ext}^2 * L_{ext}$$

$$V_{ext} = 2\pi * 0,5m^2 * 1m^2$$

$$V_{ext} = 1,57m^3$$

- **Volumen del interno del bombo**

$$V_{int} = 2\pi r_{int}^2 * L_{int}$$

$$V_{int} = 2\pi * 0,4975m^2 * 0,995m^2$$

$$V_{int} = 1,547m^3$$

$$V_e = 1,57m^3 - 1,547m^3$$

$$V_e = 0,023m^3$$

5. Cálculo de los pesos del bombo metálico 315 – BB

- **Peso del bombo**

$$P_b = \rho * V_e$$

Donde

P_b = Peso del bombo (Kg)

ρ = densidad del material del bombo (Kg/m³)

$$P_b = \frac{7850kg}{m^3} * 0,023m^3$$

$$P_b = 180,55kg$$

- **Peso del bombo cargado**

$$P_t = P_b + M_t$$

Donde:

P_t =Peso del bombo cargado (Kg)

$$P_t = 180,55 \text{ kg} + 378.75 \text{ Kg}$$

$$P_t = 559,3 \text{ Kg}$$

6. Cálculos mecánicos del bombo metálico 315 – BB

- **Cálculo de las revoluciones por minuto (rpm) por el efecto batiente (normal), con el bombo vacío.**

Para el cálculo de los rpm del bombo vacío se asume que se aprovechara el 66% de fuerza centrífuga

$$rpm_{ebv} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * 0,66$$

Donde:

rpm_{ebv} =Revoluciones por minuto del bombo sin carga.

$$rpm_{ebv} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{1}} \right) * 0,66$$

$$rpm_{ebv} = 27,984$$

- **Cálculo de los rpm por el efecto batiente (limite), con el bombo vacío.**

$$rpm_{ebvl} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}} \right) * 0,66 * 0.85$$

Donde:

rpm_{ebvl} =Revoluciones por minuto mínimas del bombo sin carga.

$$rpm_{eb} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{1}}\right) * 0,66 * 0,85$$

$$rpm_{ebvl} = 23,7864$$

- **Cálculo de los rpm por el efecto batiente (máximo). Con el bombo cargado**

$$rpm_{ebc} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{D_b}}\right) * \sqrt{2 \sqrt{\frac{P_t}{\pi * L_b}}}$$

Donde:

rpm_{ebc} =Revoluciones por minuto del bombo con carga.

$$rpm_{ebc} = \left(\frac{42,4}{\sqrt{1m}}\right) * \sqrt{2 \sqrt{\frac{0,560 \text{ Ton}}{\pi * 1m}}} \quad rpm_{ebc} = 39$$

- **Cálculo de la potencia del motor**

El motor fue instalado en un sistema trifásico en un voltaje de 220, el amperaje de 5, el factor de potencia 0,8 y el factor de eficiencia de 0,75.

$$HP = \frac{\sqrt{3} * V * I * FP * FE}{746}$$

Donde

HP =Potencia de la bomba

V = voltaje de corriente (V)

I = Intensidad de corriente (Amp)

FP =Factor de potencia (adimensional)

FE = Factor de Eficiencia (adimensional)

$$HP = \frac{\sqrt{3} * 220v * 5Amp * 0,8 * 0,75}{746}$$

$$HP = 1,5$$

- **Cálculo del torque**

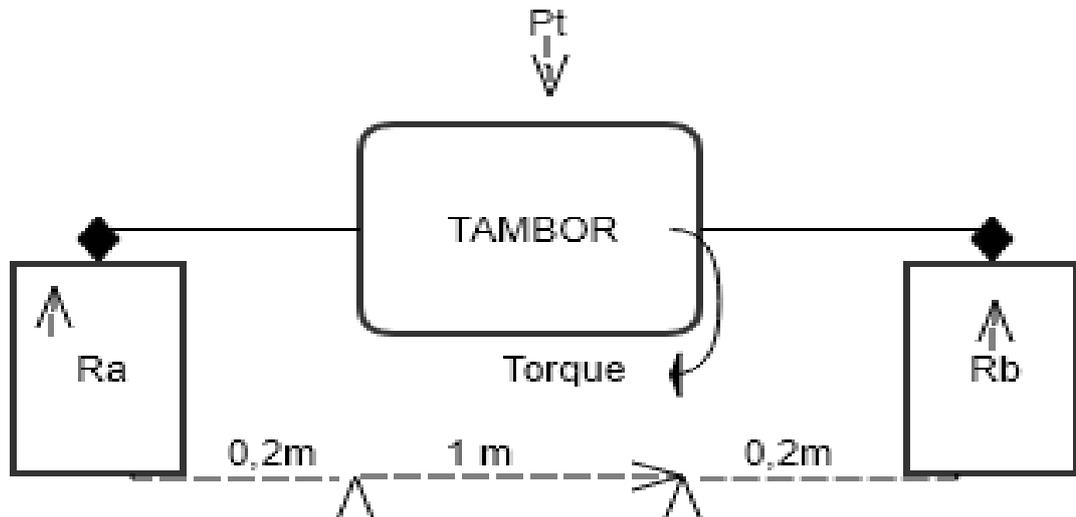
$$\tau = \frac{HP * 716}{rpm_{ebc}}$$

Donde:

τ =Torque (Kg m)

$$\tau = \frac{1,5 * 716}{39} \quad \tau = 27,38 Kg m$$

- **Cálculo de la resistencia del eje**



$$-R_a * m_{Ra} + P_t * m_{Pt} + \tau = 0$$

Donde:

R_a = Resistencia del eje (kg m)

$$-R_a * 1,4 + 560 * 0,7 + 27,38 = 0$$

$$R_a = 300 Kg m$$

$$R_a = R_b$$

- **Cálculo de la fuerza cortante**

$$\varphi = \frac{Pt}{A}$$

Donde:

φ =Fuerza cortante (Kg/m²)

$$\varphi = \frac{560Kg}{2\pi(0,05m)^2}$$

$$\varphi = 35.650 Kg/m^2$$

- **Cálculo del radio del eje interno máximo**

$$r_{eje} = \sqrt[3]{\frac{2\tau}{\pi\varphi}}$$

Donde:

r_{eje} = Radio del eje interno máximo (m)

$$r_{eje} = \sqrt[3]{\frac{2(27,38 Kg m)}{\pi(35.650 \frac{Kg}{m^2})}} \quad r_{eje} = 0,078 m$$

7. Cálculo de la Chumacera (rodamiento y soporte)

- **Cálculo del Rodamiento**

Con las revoluciones encontrada la misma que es de 39rpm y la capacidad de carga dinámica, se buscó en un catálogo SKF para el rodamiento correspondiente.

- **Cálculo de la carga equivalente del soporte**

$$P = xC_r + yC_a$$

Donde

P = Carga equivalente del Soporte (Kg)

C_r = Carga real (Kg)

x = Factor radial (adimensional)

y = Factor axial (adimensional)

C_a = Carga axial (Kg)

$$x = \frac{C_a}{C_r} = 1$$

Como la carga axial es casi despreciable $C_a=0$.

$$P = xC_r$$

$$P = 560 \text{ kg} * 1$$

$$P = 560 \text{ kg}$$

- **Cálculo de la capacidad de carga dinámica.**

$$L = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{c}{P} \right)^p$$

Donde:

L =Duracion nominal en horas (12 horas) de servicio

n =Velocidad constante de rotación (rpm)

c =Capacidad de carga dinámica (Kg)

P =Carga equivalente del Soporte (Kg)

p = Exponente de la fórmula de duración (adimensional).

Despejando.

$$c = P * \sqrt[p]{\frac{60nL}{10^6}}$$

Siendo.

$$L = 20,000 \text{ horas} \quad p = 3$$

$$c = 560 \text{ Kg} * \sqrt[3]{\frac{60*39*20000}{10^6}} \quad c = 2018,07 \text{ Kg}$$

- **Cálculo de la velocidad angular**

$$\omega = \#rpm * \frac{1min}{60s} * 2\pi$$

Donde:

ω = Velocidad angular (rad/s)

$$\omega = 39 \text{ rpm} * \frac{1min}{60s} * 2\pi \quad \omega = 4,1rad/s$$

- **Cálculo de la fuerza centrífuga**

$$F = m * \omega * r$$

F =Fuerza centrífuga (N)

$$F = 560 \text{ Kg} * \frac{4,1rad}{s} * 0,5m \quad F = 1148 \text{ N}$$

C. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO BOVINO CURTIDO EN EL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO 315-BB, DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE LA FCP

1. Resistencia a la tensión

Los valores medios determinados por la variable resistencia a la tensión de los cueros vacunos registraron diferencias significativas ($P \leq 0,05$), según la prueba t´student , observándose que los resultados más altos fueron registrados por las pieles curtidas con cromo ya que el valor de la media fue de 3460.22 N/cm² en comparación de las respuestas alcanzadas en los cueros curtidos con tara con promedios de 2960.94 N/cm², como se ilustra en el gráfico 16, además se aprecia que los resultados de tensión alcanzan un valor de mediana de 3576.92 N/cm², para el cromo y de 2906.25 N/cm², para el curtido con tara en el prototipo mecánico bombo 315- BB, para el laboratorio de Curtiembre de pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

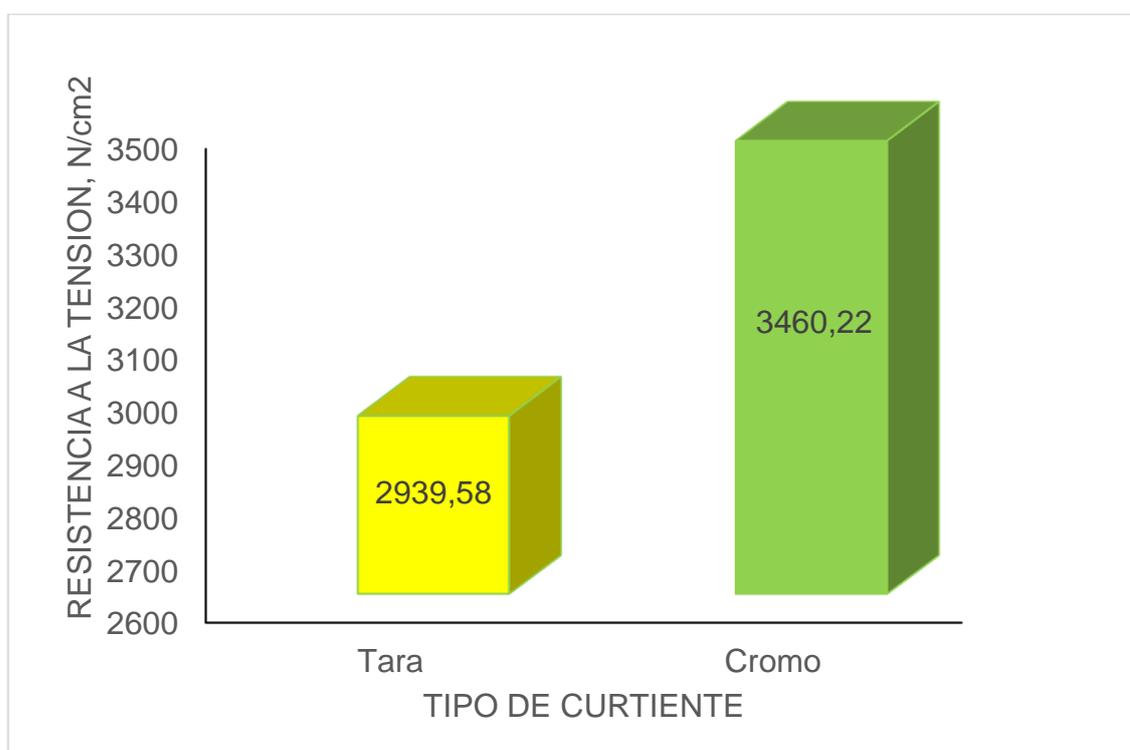


Gráfico 16. Resistencia a la tensión de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

Es decir que el curtido registra valores más eficientes al utilizar un curtido tradicional como es con cromo, debido a que las pieles se vuelven más duras y resistentes para soportar las tensiones tanto en el momento del armado para confeccionar el artículo final como en el uso diario, lo que es corroborado con las apreciaciones de (Adzet, 2005), quien manifiesta que Se denomina curtido al proceso mediante el cual las pieles de los animales se transforman en un material denominado cuero, que se conserva a través del tiempo con características de flexibilidad, resistencia y belleza. Las pieles que más comúnmente se utilizan son las de bovino, porcino y ovino, las cuales constituyen la principal materia prima del sector industrial del curtido. En el proceso de curtido de cuero se emplean fundamentalmente dos métodos: uno en base de sales de cromo y otro a base de agentes vegetales. El 80 % de las industrias dedicadas a la actividad del curtido de pieles utiliza el proceso basado en las sales de cromo. La principal curtición mineral para la confección se basa en el sulfato de cromo simple, lo cual proporciona una piel de color verde pastel o azulado y con resistencia al calor (que permite la aplicación de entretelas y su planchado en caliente). El curtido al cromo es un curtido ligero, con textura algo abierta y fácil de teñir a cualquiera de los colores de moda, en este proceso se debe tomar muy en cuenta el tipo de maquinaria como es el bombo que deberá estar confeccionado de un material muy resistente y sobre todo calibrado para que el rodado sea el adecuado para permitir el ingreso del curtiente hasta el interior de la piel, proporcionando mayor resistencia a las fuerzas extremas.

Los resultados expuestos de la resistencia a la tensión se mantienen dentro de las exigencias de calidad de la Asociación Española en la industria del cuero que en su norma IUP 8, (2002), manifiesta que un cuero debe cumplir con un mínimo de 800 a 1500 N/cm², antes de producirse la primera fisura, por lo tanto al curtir tanto al cromo como con taninos se cumple con estas exigencias, por lo tanto se puede manifestar que el prototipo mecánico ha cumplido con su función primordial el cual es permitir el ingreso adecuado de los productos curtientes hasta la parte más íntima del tejido interfibrilar.

Al ser una investigación pionera no se puede comparar con prototipos construidos en condiciones similares por lo tanto se procederá a cotejar los resultados

expresados por diversos autores que han realizado la curtición en bombos que han sido confeccionados por personal técnico y que ya han sido calibrados con anterioridad, por lo tanto se afirma que los resultados expuestos son inferiores a los alcanzados por Choto, A. (2018), quien al evaluar la curtición de pieles vacunas registró tensiones medias de 4248,51 N / cm², así como así como de Carrasco (2013), quien al realizar la evaluación de la resistencia a la tensión de las pieles bovinas estableció la mejor respuesta al curtir con el 8 % de tara, con medias de 2688,86 N / cm². También son superiores al relacionarlos con Puente, C. (2018), quien al evaluar la inclusión de diferentes niveles de *Caesalpinia Spinosa* (tara), en combinación con 5 % de oxazolidina, estableció los resultados más altos con 15 % de tara, con valores de 2717,64 N / cm².

2. Porcentaje de elongación

Los valores medios determinados por la variable física porcentaje de elongación de los cueros vacunos no determinaron diferencias estadísticas ($P > 0,05$), al comparar la curtición con cromo versus tara, utilizando el prototipo mecánico bombo 315-BB, en el laboratorio de curtiembre de pieles, sin embargo, se aprecia que para el curtido al cromo los resultados fueron de 69,0% en tanto que al curtir al vegetal fueron inferiores con respuestas de 63,5 %; como se indica en el cuadro 5, se ilustra en el gráfico 6, el error típico de las medias fue de 1,27 y 4,58 para los dos casos en mención mientras tanto que el valor de la mediana fue de 70 % para el curtido al cromo y de 60 cuando se refiere a un curtido al vegetal (gráfico 17).

Es decir que al curtir en el prototipo mecánico bombo 315-BB, utilizando como curtiente el cromo se obtienen mejores resultados de elongación de los cueros vacunos es decir que se pueden alargar fácilmente para pasar de la forma plana a la espacial en el momento de la confección del artículo final y sobre todo en el uso diario que se requiere que se amolde dando comodidad al usuario, validando con ello que el prototipo mecánico debido a que los resultados expuestos cumplen con las exigencias de calidad de la Asociación española del Cuero que en la norma técnica IUP 8 (2002), infiere que para que un cuero será considera de buena calidad debe presentar una elongación promedio que va de 40 a 80 % .

Cuadro 5. EVALUACIÓN DESCRIPTIVA DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

Estadístico	Resistencia a la tensión		Porcentaje de elongación		Temperatura de encogimiento	
	Cromo	Tara	Cromo	Tara	Cromo	Tara
Media	3460.22	2939.58	69.00	63.50	87.20	81.60
Límite inferior	3054.01	2768.14	65.46	50.78	84.37	80.18
Límite superior	3866.42	3111.02	72.54	76.22	90.03	83.02
Error estándar	146.31	61.75	1.27	4.58	1.02	0.91
Mediana	3576.92	2906.25	70.00	60.00	87.00	82.00
Varianza	107026.02	19064.33	8.13	105.00	5.20	1.30
Desviación estándar	327.15	138.07	2.85	10.25	2.28	1.14
Mínimo	2989.58	2833.33	65.00	50.00	85.00	80.00
Máximo	3847.22	3177.08	72.50	75.00	90.00	83.00
Rango	857.64	343.75	7.50	25.00	5.00	3.00
Asimetría	-0.56	1.83	-0.40	-0.11	0.23	-0.40
Curtosis	-0.07	3.57	-0.18	-1.47	-2.51	-0.18
Prueba de t'student	0.01	*	0.30	ns	0.001	**

* Las diferencias significativas según la prueba de t'student ($P < 001$).

ns: Las diferencias no son significativas según la prueba de t'student ($P > 005$).

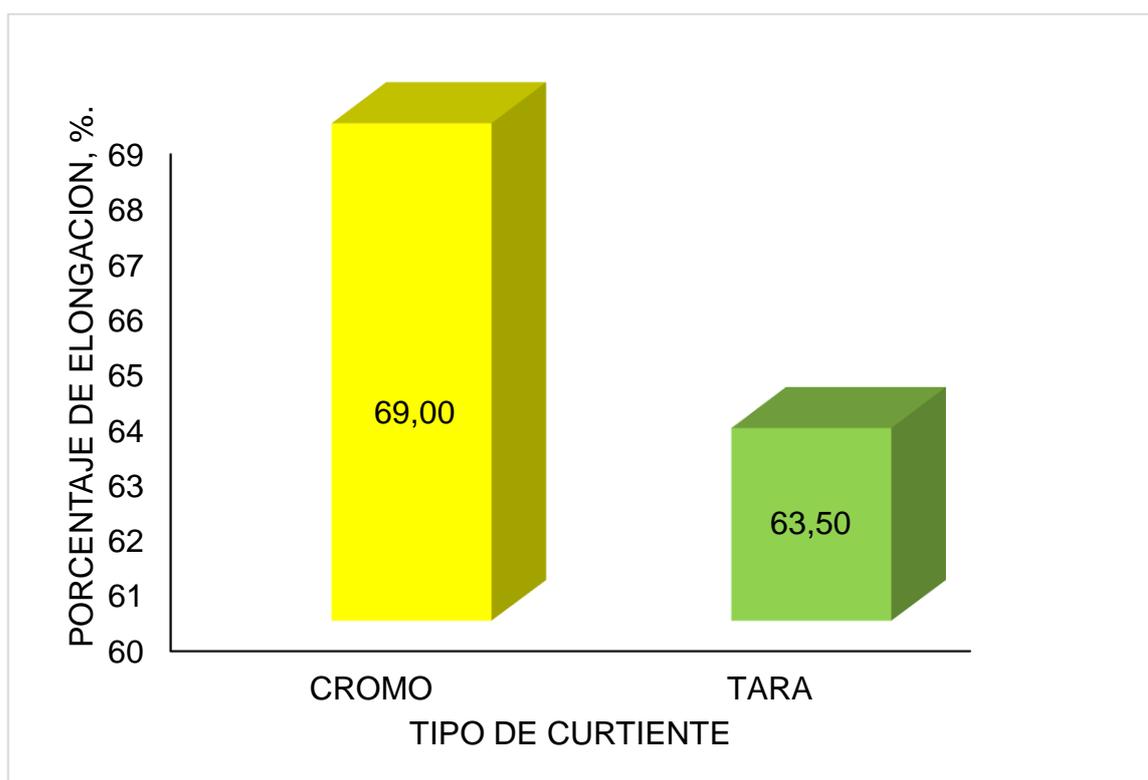


Gráfico 17. Porcentaje de elongación de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

De los resultados expuestos se afirma que la curtición con cromo genera resultados más eficientes, lo que es corroborado con las apreciaciones de (Bursch, 2015), quien manifiesta que en el proceso industrial actual, la curtición de pieles se realiza de forma dinámica en bombos y molinetas, en los que las pieles interaccionan con diferentes agentes químicos, principalmente sales de cromo trivalente, que reaccionan con las fibras de colágeno para obtener un cuero estable y duradero, y sobre todo que puede ser moldeado o se alargue lo suficiente para no provocar el efecto acartonado. El proceso de curtición puede describirse tanto como un fenómeno químico (reacción entre los diversos componentes), como físico (difusión de los mismos hacia el interior de la piel). Si el técnico curtidor introduce cualquier variación en los parámetros físicos o químicos del proceso de curtición, puede variar la eficiencia de la misma, no sólo en la relación cromo fijado/cromo total sino en las características del cuero obtenido.

Los resultados expuestos son superiores al ser comparados con las respuestas de (Choto, 2018), quien al curtir pieles vacunas con cromo reporto una elongación

promedio de 62,08 %, así como de Carrasco, M. (2013) quien a evaluar diferentes niveles de tara estableció las respuestas más altas al curtir las pieles con 7 % de tara, con medias de 64,46 %. Pero son inferiores a los de (Chasiquiza, 2014), quien al realizar la comparación del curtido con Polifenoles vegetales en comparación con cromo determinó que al curtir con cromo el porcentaje de elongación fue de 66,33 %, y de Puente, C. (2018), quien estableció los resultados más altos al curtir con 7% de cromo debido a que las respuestas fueron de 94,38 %.

3. Temperatura de encojimiento

La evaluación estadística de la temperatura de encojimiento de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, reporto diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), al comparar la curtición tradicional (cromo versus una curtición con tara, identificándose medias de 87.20 °C y 81.60 °C, como se ilustra en el gráfico 5, respectivamente además se aprecia un valor de la mediana de 87°C y 82 °C, al utilizar el curtiente mineral y vegetal en su orden así como error típico de las medias de 1,02 y 0,91 en su orden, valores que son relativamente bajos es decir que existe poca dispersión en relación a la media (Gráfico 18).

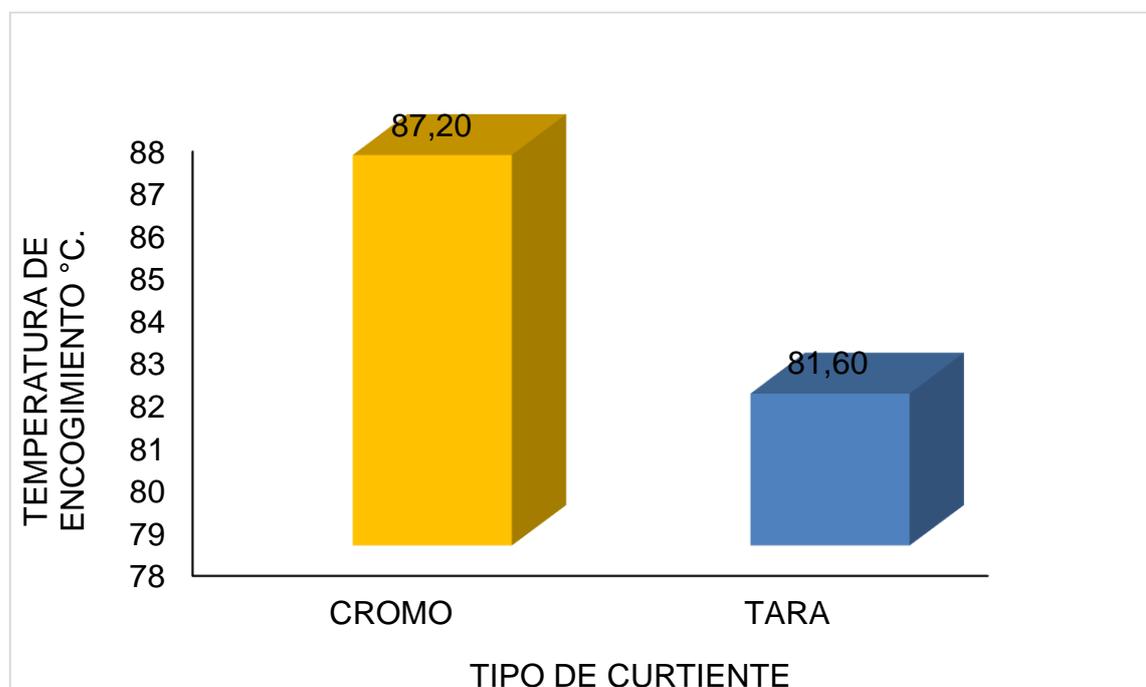


Gráfico 18. Temperatura de encojimiento de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

Es decir que la curtición mineral utilizando cromo permite que el cuero soporte temperaturas de encogimiento altas o que es corroborado con las apreciaciones de (Bequele, 2016), quien manifiesta que la temperatura de encogimiento, es el valor de temperatura a la cual se produce un encogimiento perceptible, al calentar gradualmente un cuero sumergido en un medio acuoso. El ensayo tiene la finalidad de determinar la temperatura a la cual empieza el encogimiento de una probeta o muestra de cuero, colocada en un medio acuoso, después de experimentar un hinchamiento. Las moléculas de los agentes curtientes deben ser capaces no solamente de combinarse con uno de los grupos funcionales de la proteína de la piel, sino por lo menos a dos de ellos que pertenezcan a distintas cadenas, ya que de acuerdo al tipo de curtiente se puede pensar en enlaces electrovalentes, covalentes, coordinados y puente de hidrógeno, por uniones bipolares, que hacen del cuero un material muy resistente a temperaturas antes de contraerse la superficie, ya que algunas sales neutras provocan la ruptura de puentes de hidrógeno entre cadenas polipeptídicas, debilitando la estructura interna del colágeno. La temperatura de contracción disminuye. Este hinchamiento puede llegar a ser irreversible en parte y produce una cierta solubilización de la piel.

Los resultados son inferiores a los reportes de (Chasiqiza, 2014), quien al realizar la curtición de pieles bovinas registro promedio en temperatura de encogimiento de 92,86°C, así como de (Puente, 2018), quien al curtir pieles vacunas con cromo registró valores de 91°C, así como (Hidalgo, 2016), quien determinó los resultados más altos según Duncan en los cueros del tratamiento T1 (polifenoles vegetales de la tara), ya que las medias fueron de 92,86 °C, mientras tanto que los resultados más bajos fueron registrados en los cueros curtidos con sulfato de cromo ya que las medias fueron de 86,71°C. Sin embargo, se está cumpliendo con las exigencias de calidad del Instituto ecuatoriano de Normalización (2002) donde se manifiesta que los cueros para considerar de buena calidad deben cumplir con Los parámetros establecidos en la norma técnica NTE INEN 0562 (1981) (Spanish): Cueros. Determinación de la temperatura de encogimiento, donde se manifiesta que a temperatura mínima que debe soportar es 75 °C, muy benéfica puesto que asegura que no se pierda área el momento de someterle a temperaturas elevadas el momento del planchado del cuerpo ya en la confección.

D. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENORIALES DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

1. Tacto

Los valores medios determinados por la calificación sensorial de tacto reportaron diferencias altamente significativas según la prueba t'student ($P=0,003$), estableciéndose un valor promedio de 3,60 puntos para las pieles curtidas al cromo y de 4,80 puntos para las pieles curtidas al vegetal, como se aprecia en la ilustración del grágraficofico 5, y ubicándolas en la escala de ponderación de Hidalgo, L. (2018), equivalente a calificaciones de muy buena a excelente en cada uno de los lotes evaluados, además se aprecia un valor mínimo de 3 y un máximo de 4 puntos en las pieles curtidas al cromo mientras que en el curtido vegetal se aprecia un mínimo de 4 puntos y un máximo de 5 puntos, como se indica en el cuadro 6, y se ilustra en el gráfico 19, llegando a determinarse que los mejores cueros se consiguieron al curtir en el prototipo mecánico bombo 315-BB, utilizando tara.

De los resultados expuestos se deduce que para conseguir mejor sensación al tacto de los cueros es recomendable utilizar una curtición con taninos vegetales como es la tara que le incorpora ciertas características de morbidez al tacto y elasticidad, lo que es corroborado según las apreciaciones de (Soler, 2004), quien indica que las curticiones en bombo son las más rápidas, debido a la fuerte acción mecánica del bombo. Pueden realizarse con baño o en seco. Los cueros curtidos al vegetal son hoy el centro de un significativo fenómeno de redescubrimiento por parte de los consumidores interesados en productos capaces de conjugar excelentes standards de calidad con características como la total naturalidad de las materias primas y de los procesos de elaboración, muy agradables al tacto para que se presente muy cálido, seco, liso y suave muy similar al de la piel suave ablandada. En este caso se trata de buscar productos que no modifiquen mucho el tacto de la propia piel. Este tacto natural generalmente se consigue dando aplicaciones ligeras de una mezcla equilibrada de productos proteínicos y en especial de caseína, más o menos plastificada.

Cuadro 6. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DEL CUERO CURTIDOS EN EL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO 315-BB, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

Estadístico	CALIFICACIONES SENSORIALES DE LOS CUEROS DE ESPECIES MENORES					
	Tacto		Blandura		Llenura	
	Cromo	Tara	Cromo	Tara	Cromo	TARA
Media	3.60	4.80	4.40	3.60	3.6	4.80
Límite inferior	2.92	4.24	3.29	2.92	2.92	4.24
Límite superior	4.28	5.36	5.51	4.28	4.28	5.36
Error estándar	0.91	0.903	4.44	0.21	0,23	0,94
Mediana	4.00	5.00	5.00	4.00	4.0	5.00
Varianza	0.30	0.20	0.80	0.30	.30	0.20
Desviación estándar	0.55	0.45	0.89	0.55	.548	0.45
Mínimo	3.00	4.00	3.00	3.00	3.00	4.00
Máximo	4.00	5.00	5.00	4.00	4.00	5.00
Rango	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Rango intercuartil	1.00	0.50	1.50	1.00	1.00	0.50
Asimetría	-0.61	-2.24	-1.26	-0.61	-.609	-2.24
Curtosis	-3.33	5.00	0.31	-3.33	-3.33	5.00
Prueba de t'student	0.003	**	0,06	ns	0.00	**

* Las diferencias significativas según la prueba de t'student ($P < 001$).

ns: Las diferencias no son significativas según la prueba de t'student ($P > 005$).

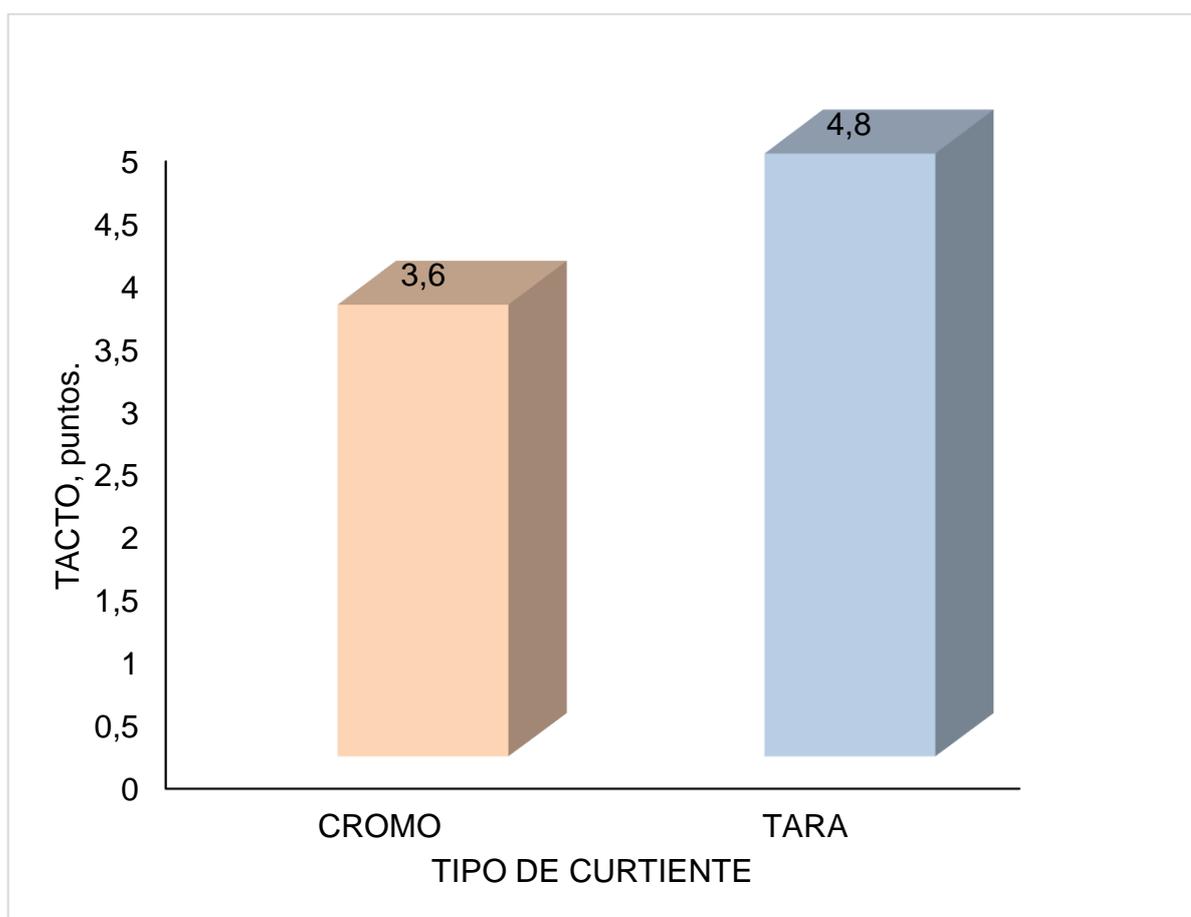


Gráfico 19. Tacto de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

Los resultados expuestos en la presente investigación son similares a los registros de (Rabasco, 2017), quien al curtir pieles con diferente niveles de curtiembre vegetal registraron calificaciones excelentes de tacto (4,88 puntos).

2. Blandura

Los valores reportados por la blandura de los cueros vacunos no registraron diferencias estadísticas ($P = 0.06$), según t'student al comparar dos tipos de curtiertes, determinándose una media de 4,40 puntos para los cueros curtidos con cromo y calificación muy buena de acuerdo a la escala propuesta por Hidalgo, L. (2018), como se ilustra en el gráfico 20, mientras tanto que al curtir con tara las respuestas medias fueron de 3,60 puntos y la ponderación fue de muy buena según la mencionada escala, es decir que la opción más adecuada para curtir las pieles bovinas es el cromo utilizando el prototipo mecánico bombo 315-BB.

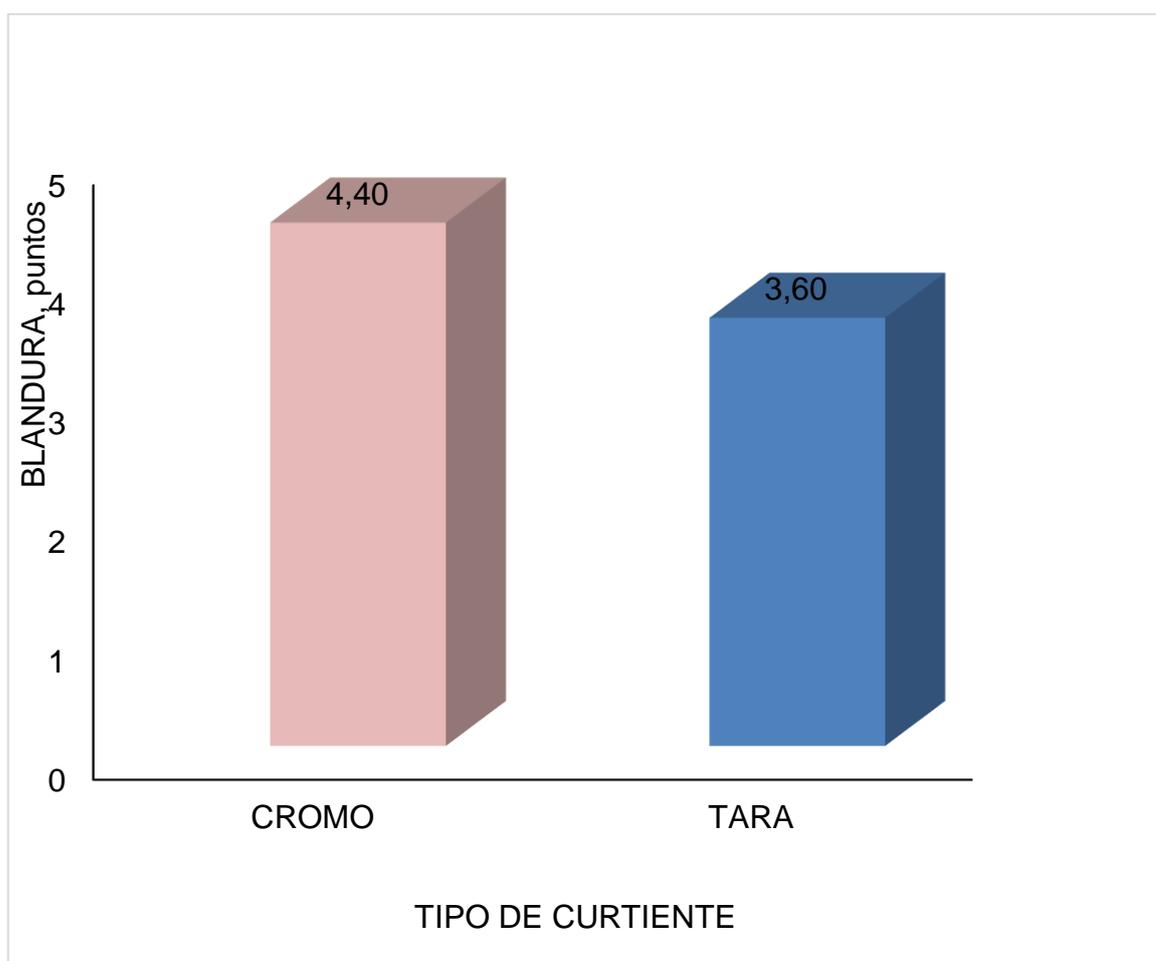


Gráfico 20. Blandura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

Al respecto (Bacardit, 2004), manifiesta que para conseguir una mayor penetración de los productos curtientes es recomendable realizar el curtido en bombos ya que dan mayor efecto mecánico que las molinetas y por lo tanto, la operación se efectúa en condiciones más drásticas. Para conseguir mayores calificaciones señoriales puesto que la sensación que producen a los sentidos es más agradable es recomendable realizar el curtido en un bombo igual o parecido a los que se utilizan en las operaciones de lavado, desencalado y piquelado se tratan las pieles que están aproximadamente a un pH de 3.5 procedentes del píquelo, con un 30-80% de baño salino y de un 6% a un 12% de sales de cromo III (generalmente sulfato monobásico de cromo III). En los de acero inoxidable, entre otras cosas, se puede repartir mejor el peso y requieren menos potencia eléctrica. Es conveniente dejar reposar las pieles o bien en caballete o bien durante la noche en el bombo para obtener la máxima fijación posible de cromo en la piel. La blandura es la capacidad

que tiene el cuero para que al ser sometido a repetidos dobleces regresar a su estado original, es decir la flexibilidad que presenta el cuero al doblarse bajo la acción de su propio peso infiriendo que cuando la blandura es mejor esta acción es más rápida, para lo que se utiliza los sentidos del tacto y de la vista, ya que se observará la deformación y se realizara la determinación de la sensación que provoca al regresar a su estado inicial,

Los resultados expuestos de la blandura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, son superiores a los registrados por (Choto, 2018), quien al comparar la curtición con tara versus una curtición tradicional registro valores de 4,67 puntos al curtir con cromo , así como de (Hidalgo, 2013), al realizar su investigación de “Diseño de la etapa de curtición de piel bovina con la utilización del extracto tánico y gálico del guarango *Caesalpinia spinosa*”, registró que la respuesta media de los cueros convencionales fue de 4,50 puntos que se encuentra dentro del rango de Muy Bueno a Excelente, mientras que los cueros curtidos bajo el diseño de la investigación registraron una media igual a 3,42 puntos, valor que se ubica dentro del rango de Bueno a Muy Bueno

3. Llenura

Los valores medios determinados por la calificación de llenura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315- BB, registraron diferencias altamente significativas según la prueba comparativa t'student, determinándose que al curtir con cromo los resultados fueron los más eficientes puesto que registraron una calificación de excelente puesto que la puntuación fue de 4,80 puntos sobre 5 puntos de referencia según la escala de Hidalgo, L. (2018), en comparación de los registros al curtir las pieles con cromo que reportaron una calificación de 3,60 y condición muy buena según la mencionada escala, como se ilustra en el gráfico 21, además se aprecia que el valor más bajo fue de 3 puntos y 4 puntos en los casos en mención y el valor más alto fue de 4 puntos y 5 puntos al utilizar los dos tipos de curtiembre llegando a establecerse en el caso de la tara la calificación más alta.

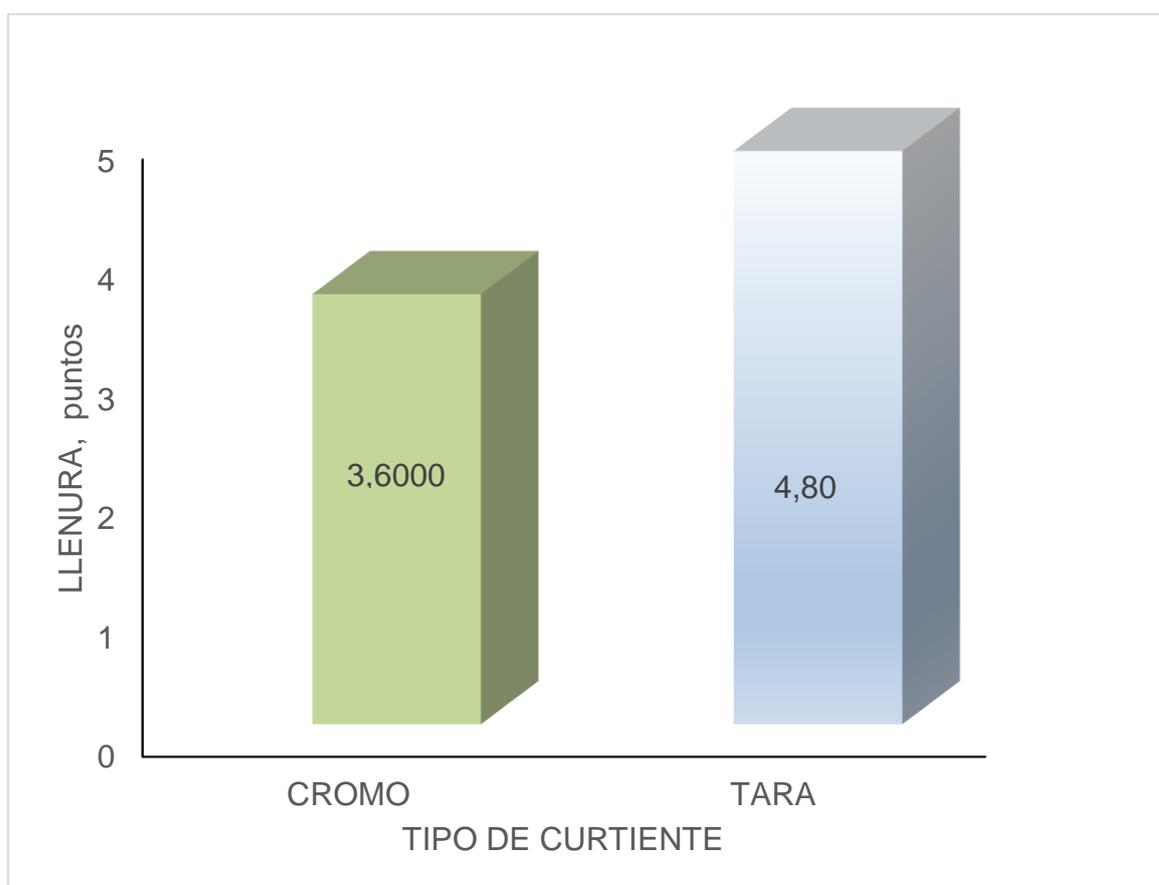


Gráfico 21. Llenura de los cueros vacunos curtidos en el prototipo mecánico bombo 315-BB, del Laboratorio de Curtiembre de la FCP.

Es decir que para mejorar la blandura del cuero es recomendable la curtición en el bombo de la FCP, utilizando el tanino de la *Caesalpinia spinosa* (tara), ya que además de mejorar la apariencia del cuero evita la elevación de la carga contaminante de los residuos líquidos de la curtiembre, lo que es corroborado con las apreciaciones de (Morera, 2008), quien manifiesta que La llenura del cuero es la medida de la capacidad del agente curtiente de ocupar los espacios interfibrilares del colágeno, brindándole una sensación al tacto de mayor compactación al cuero, la llenura es específica para cada tipo de artículo al que será destinado el cuero, para la confección de calzado y artículos de marroquinería la calidad del producto final se ve favorecida con una alta llenura, en contraste con los cueros para vestimenta, que deben estar provistos de una llenura moderada. los cueros con extractos tánicos presentan una mayor llenura que los cueros con cromo, es decir que el guarango como agente curtiente rellena de mejor manera los espacios

interfibrilares de la piel, les proporciona una mayor densidad y por ende distribuye de mejor manera las fibras de colágeno

Los resultados expuestos son mayores a los determinados por (Hidalgo, 2013), quien manifiesta que la puntuación media registrada de la medición de la llenura de los cueros bovinos curtidos con guarango presento un valor superior a la que se registró de los cueros curtidos con cromo. Para los cueros tratados con guarango como agente curtiente se obtuvo un valor medio de 4,67 puntos, ubicándose en el rango de Muy Bueno a Excelente, mientras que los cueros convencionales presentaron un valor medio igual a 3,08 puntos, puntuación que se sitúa dentro del rango de Bueno a Muy bueno

E. CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL PROTOTIPO MECÁNICO BOMBO METÁLICO 315-BB, EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE DE PIELS DE LA FCP

Para realizar el cálculo de la eficiencia del prototipo mecánico bombo metálico 315 -BB se utilizó la calificación sensorial de blandura debido a que cuando en un bombo se realiza muy bien el curtido los resultados serán un cuero agradablemente suave.

$$Eficiencia\ del\ bombo = \frac{Blandura\ esperada - Blandura\ observada}{Blandura\ esperado} \times 100$$

$$Eficiencia\ del\ bombo = \frac{5\ puntos - 4.4\ puntos}{4,4\ puntos} * 100 = 12\%$$

El 12% fue el margen de error que presenta la maquina por lo tanto para sacar la eficiencia real se restaría del 100% de eficiencia que se espera presente la maquina dando un resultado general del 88%. Por lo tanto, se considera que el prototipo mecánico es muy eficiente, ya que cumple con el objetivo para el cual es creado es decir a través del control de la velocidad del rodado, productos químicos y tiempos , que el curtiente penetre en todas las capas de la piel permitiendo la transformación

total en un producto imputrescible como es el cuero sin perder sus características sobre todo de blandura que es muy buscada para evitar las molestias al confeccionista y al usuario así como entrar en sana competencia con el producto que lo ha desplazado como es el sintético que pese a presentar muchos inconvenientes sobre todo en durabilidad le ha podido desplazar.

Al respecto (Núñez, 2016), manifiesta que los fulónes de curtido son normalmente usados por debajo de sus ejes. Tienen velocidades más rápidas y herrajes particulares para este tipo de trabajo, su utiliza alta calidad de madera dura u otras maderas con elevadas especificaciones técnicas equivalentes, aunque una opción adecuada sería el metal que aunque resulta más costoso es conveniente por sus características de durabilidad así como la ausencia de trancas internas ni paletas para evitar que los cueros se rasguen, pero si bolas de goma como carga, que al chocar con los cueros logran el ablandado de los mismo. El tambor de curtido es apto para suavizar, las pieles, que consta de un recipiente cilíndrico en el saó de la presente investigación es metálico , que gira alrededor de un eje horizontal dotada en su volumen interior de una pluralidad de salientes radiales, o palas, de sección pentagonal, que se extienden de forma circunferencial por el conjunto de la periferia de la pared cilíndrica, estando dicho tambor caracterizado porque, entre las caras enfrentadas de cada pala y de la pared cilíndrica se insertan rellenos primarios de perfil exterior curvilíneo, los dos extremos longitudinales de cada pala están circundados por partes laterales , y porque entre las caras enfrentadas de cada pala y de cada parte lateral se insertan rellenos suplementarios de perfil exterior curvilíneo.

F. MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA LA CURTICIÓN DE PIELES DE ESPECIES MENORES.

Este manual debe ser leído atentamente antes de proceder a instalar y utilizar este equipo. Antes de usar la máquina lea cuidadosamente, comprenda y respete las instrucciones de seguridad. La conexión eléctrica será realizada por un electricista calificado como se muestra en la Fotografía 12.



Fotografía 12. Bombo metálico del taller de curtiembre BB-315.

- **Sugerencias:** antes de realizar cualquier trabajo o procedimiento verificamos que el equipo se encuentre desconectado, utilizar indumentaria apropiada para evitar riesgos y accidentes como también daños al bombo.
- **Reconocimiento** Identifique las diferentes partes del bombo de acabados con el manual de operaciones y mantenimiento.

1. Especificaciones generales

Este equipo es una máquina para curtir pieles de especies menores como ovina, caprinos y demás pieles de origen animal, está compuesta por una tómbola circular con un orificio con tapa en la parte medular por la cual ingresan las pieles, dos pedazos de ejes de 30 cm de largo con un grosor de 3 pulgadas están soldadas a la tómbola y fijadas a dos pilares de concreto por medio de unas placas de metal, soldadas a los fierros de los pilares y las chumaceras sujetas con pernos a la placa de acero que se encuentran sobre los pilares de concreto. El bombo de curtición para su funcionamiento está dotado de un motor de 2 Hp con un reductor de velocidad que por medio de dos bandas de B 128 pulgadas se conecta a una polea

de 38 pulgadas que se encuentra impregnada al bombo de curtición y de un panel de control dar paso al funcionamiento del equipo. Para obtener el mejor rendimiento de este equipo hemos redactado el presente manual, que le pedimos leer atentamente y tener en cuenta cada vez que vaya a utilizarla siguiendo al pie de la letra las normas de seguridad. El presente manual de uso y mantenimiento es parte integrante del equipo de curtición de pieles de especies menores. Tiene que conservarse adecuadamente para poder consultarlo siempre que sea necesario. Si se entrega el equipo a terceros, aconsejamos entregar también este manual.

- Antes de comenzar a operar la máquina, lea, preste atención y siga atentamente todas las instrucciones que se encuentran en la máquina y en los manuales. Familiarícese totalmente con los controles y el uso correcto de la máquina.
- Esta máquina no está destinada para ser usada por niños o personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales disminuidas que deban ser supervisadas para que sea usada con seguridad. Mantenga despejada el área de trabajo y alejados a los espectadores (especialmente a los niños).
- Use siempre protección auditiva en caso de necesitarla, Use siempre ropa de trabajo adecuada (overol, mandil, delantal de cuero, guantes de lavado industrial). Si tiene el cabello largo áteselo o use un gorro protector para contenerlo.
- Manténgase alerta. No opere la máquina bajo los efectos del alcohol, drogas o medicinas que puedan provocar sueño o afectar su habilidad para operarla con seguridad.
- No use la máquina si el interruptor no puede volver a la posición de “desconectado”. Su uso en estas circunstancias es peligroso, una máquina dañada no debe ser usada y debe ser reparada inmediatamente.
- Desconéctela de la fuente de energía, antes de efectuar tareas de mantenimiento.

- Conserve la máquina limpia., Use sólo los accesorios indicados por el fabricante; aquellos no indicados pueden tornar peligroso su uso.
- Verifique que el voltaje de alimentación coincida con las especificaciones requeridas por la máquina.
- Proteja el cable de alimentación del calor, aceites y bordes agudos. Colóquelo de tal forma que, al trabajar, no moleste ni corra riesgo de deterioro.
- Revise periódicamente el cable de alimentación en busca de daños en la aislación y llévelo a un centro de servicios autorizado para separación en caso de estar dañado

2. Instrucciones de seguridad específicas para el proceso de curtición pieles

- Antes de empezar con la curtación de pieles se recomienda utilizar equipo de producción (overol, mandil, delantal de cuero, guantes de lavado industrial).
- Verificar que el eje se encuentre afianzado a la tómbola y a las chumaceras de la misma manera las chumaceras estén afianzadas a los pilares de soporte así asegurando firmeza al equipo y seguridad al operario.
- Asegúrese que este lubricado las chumaceras y el eje.
- Coloque la piel en la parte interna del bombo
- Empuje la piel o materia prima hacia la parte interna del bombo, utilizando solamente un objeto de plástico o madera.
- Cierre la puerta de manera hermética para evitar fugas de líquido.
- Para la colocación de las sustancias químicas se debe detener el equipo o si es necesario apagarlo.
- Conecte la maquina verificando el voltaje de 220 V.
- Encienda la máquina, pulsando el botón verde ON.
- Para apagar pulsar el botón OF.
- Una vez que se ha terminado con el curtido de la piel procedemos a limpiar la máquina.

- Nosotros como estudiantes responsables del proyecto declinamos cualquier responsabilidad por daños derivados de un uso inadecuado, incorrecto o imprudente de la máquina.

Nota: El bombo de curtación que él cuenta la Facultad de Ciencias Pecuarias es automatizada ya que la misma maquina está programada para para curtir tres tipos de pieles como son: ovinos, caprinos y bovinos por la cual el estudiante solo tiene que seguir las indicaciones que pide el equipo solo en caso de querer curtir otro tipo de piel se debe optar por la curtación de tipo manual y personalizado.

a. Conclusiones

- Al reconocer e identificar las partes del bombo existirá un riesgo menor de accidentes y daños del equipo por mal uso del mismo
- Una buena engrasada nos asegura que exista una buena lubricación y de esta manera no exista daños en la piel por calentamiento por fricción

3. Procedimiento de limpieza

- Asegúrese que la maquina este apagada y Desconecte el cable alimentador de corriente.
- Vaciar todo el contenido restante del interior del bombo como agua, químicos, restos de piel etc. colocando al bombo con la tapa hacia el suelo para una evacuación más efectiva.
- Utilizando agua y soluciones desengrasantes lavamos la maquinaria retirando todos los restos de impurezas que se encuentran en la máquina.
- Con una escoba, agua y detergente procedemos a baldear el lugar donde se encuentra el equipo.

- Luego de realizar la limpieza general colocamos al equipo con la tapa asía abajo para una evacuación completa de restos de agua y obtener un oreo y secado total del equipo.

G. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA DE CURTICIÓN DE PIELES

El equipo requiere poco mantenimiento al no contar con muchas piezas móviles, a pesar de esto se deben seguir las siguientes instrucciones para extender la vida útil de la máquina.

- Limpie la Máquina después de utilizarla, asegurándose de no dejar restos de impurezas en el interior; con el objeto de evitar que se acumule y adhiera impurezas al equipo en gran cantidad.
- Lubrique periódicamente los rodamientos por medio de las graseras de cada uno de ellos cada 3 meses.
- Verifique el estado del bombo y la tapa al interior para evitar pérdida de líquidos e insumos y de presentar alguna fisura proceder a sellarlo por medio de soldadura. Esto se debe realizar para cada inicio de una curtición y cada 6 meses una revisión extenuante.

1. Cuidado del equipo y del operario

a. Cuidados del equipo

El cuidado del equipo se debe dar para tener una mayor vida útil del equipo, además para evitar daños que ya no permitirán la operación del prototipo mecánico, para lo cual se deben tener las siguientes consideraciones para el uso de la maquina:

- Se debe realizar una inspección del equipo antes de la operación del mismo, verificando el panel de control, bandas, el motor, bombo, eje y chumaceras se encuentren en su posición adecuada y con sus características normales, y si en

esta inspección se tiene alguna observación evitar realizar la operación de la máquina.

- Se debe realizar un mantenimiento progresivo ya sea unas dos veces al año, o cuando se presente alguna anomalía, en general se preferirá un mantenimiento preventivo con lo que se llamara a un experto en equipos mecánicos y el verificara si el equipo está funcionando correctamente y si todas sus partes se encuentran en normal funcionamiento.
- Cuando se tenga alguna anomalía en las bandas se recomienda cambiar las mismas, ya que no tienen un costo elevado, de lo contrario el motor puede sufrir daños ya que realizara un sobre esfuerzos y puede dejar de funcionar por esto.
- Se debe verificar que cuando se realice la operación del equipo, las instalaciones eléctricas estén correcto funcionamiento, además de que se debe verificar que no exista presencia de agua o alguna sustancia química en el suelo de las instalaciones, se debe verificar que los cables se encuentren en estado normal y que no estén siendo aplastados o se encuentre algún objeto extraño en la maquina o en las instalaciones.
- Al bombo se debe realizar una prueba de corrosión, para evitar que se ocasionen perforaciones por este efecto, se puede utilizar cualquier tipo de técnica, también se debe verificar que en la parte de las soldaduras estén de color plateado brillante, y si se presente algún color extraño como café o amarillo realizar las correcciones necesarias ya que no es normal ya que el equipo fue soldado con electrodos de acero inoxidable.
- Realizar una inspección técnica de todo el equipo 1 vez por mes, verificando que todas las partes estén de acuerdo al diseño además de que se si existe alguna anomalía se debe reparar esta para evitar daños definitivos en la máquina.

b. Cuidados del operador

Dado que el equipo va a ser operado por estudiantes de la facultad de ciencias Pecuarias o de la ESPOCH se debe dar una instrucción de la seguridad que deben tener antes de operar la máquina, para lo cual se debe tener las siguientes consideraciones al momento de la operación:

- Antes de operar la maquina verificar si el operario cuenta con todos sus equipos de protección personal, para el caso de manipulación del bombo de curtición fundamental llevar botas de seguridad, overol (mandil), guantes de lavado industrial, cofia, mascarilla si el operador no tiene alguno de estos objetos no se dejará operar la máquina para evitar que se corra riesgos.
- El operario debe estar en estado de sobriedad ya que, si se detecta que está bajo los efectos del alcohol, no se le dejará operar la maquina sea cual sea la condiciones, además se debe asegurar que no presente alguna enfermedad que pueda afectar a sus sentidos si se presenta algún tipo de enfermedad de esa clase se le prohibirá operar la máquina.
- Antes de depositar la piel en el bombo de curtación, verificar que el paso de corriente sea nulo y que el equipo este desconectado para evitar cualquier incidente, además de verificar que no exista ningún objeto en el motor, panel de control, al interior del equipo o en el suelo.
- Durante el proceso de operación de la maquina el operario no se podrá acercarse a más de un 1 metro a la maquina mientras se encuentre funcionando, y verificar que nadie más se acerque al equipo mientras se encuentra en operación.
- Una vez que sea apagado el equipo, desconectar y dejar reposar, cuando el bombo ha dejado de rodar es seguro que el operador se acerque y retire las pieles curtidas y verifique si se ha cumplido con lo esperado del equipo en el proceso de curtación.

- Evitar algún tipo de distracciones mientras se está operando el equipo, además de que no se podrá ingresar a las instalaciones con comida o bebidas alcohólicas ya que todo esto puede afectar al operario y exponerlo a un riesgo
- Se debe colocar toda la señalética respectiva en las instalaciones además de que el encargado del laboratorio deberá obligatoriamente leer las normas de seguridad y darlas a conocer y explicar la señalética del laboratorio, y si se determina que algún estudiante no cumple con las normas que se indicaron en el manual no dejar operar el equipo con lo que se asegura que no existan riesgos para las demás personas que realizan la práctica.

H. PROYECCIÓN ECONÓMICA

La compra o importación de un equipo para automatizar una empresa en este caso de curtación se convierte en una inversión muy alta por lo tanto difícil de adquirir, sobre todo para aquellos procesos como la curtación es realizado en forma artesanal y cuya técnica ha pasado de generación en generación. Sin embargo, por los resultados de la presente investigación es fácil darse cuenta que las características de la piel curtida se mejoran significativamente al realizar este proceso en el prototipo mecánico objeto de la presente investigación que tuvo un costo de 2526 dólares, incluido todos los materiales construcción, mano de obra y varios, como se indica en el cuadro 7.

En el diseño y construcción del prototipo del Bombo Metálico para la Curtición de Pieles de Especies Menores para la Facultad de Ciencias Pecuarias, se tomó como referencia las cotizaciones especialmente de equipos de origen asiático y que ya en nuestro país tendrían un costo de 5000 dólares, con las especificaciones necesarias para conseguir la apertura de las pieles, por lo tanto la comparación con el costo del equipo de la presente investigación es muy alto, y sobre todo muy difícil de incursionar sobre todo por pequeños artesanos que requieren automatizar el proceso de obtención de cueros para la confección de prendas muy delicadas y sobre todo de gran tracción sobre todo de las personas extranjeras que saben valorar las bondades y belleza de los artículos de cueros.

Cuadro 7. COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO.

Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Total
3	Planchas de tol de acero inoxidable 2.40 x 1.20 m x 3 mm	280	840
2	Chumaceras Bipartidas de 2,5 pulgadas	150	300
1	Eje de transmisión 70 cm x 3 pulgada x 5 mm.	100	100
1	8 cm de tubo de 1 ½ pulgada x 3 mm con rosca	20	20
1	Tapa rosca de 1 ½	5	5
1	Poleas 38 pulgadas.	200	200
2	Banda B 128.	25	50
1	Platina de 6 m x 3 pulgadas x 5 mm.	60	60
2	Platinas de 15 cm x 35 cm x 5 mm	10	20
1	6 m de Angulo 2 pulgadas x 4 mm		25
16	Pernos de 1 ½ pulgada x ½ con tuercas, rodela planas y rodela de presión en acero inoxidable.	2	32
4	Pernos de 3 pulgada x 3 ¼ con tuercas, rodela planas y rodela de presión en acero inoxidable.	4	16
4	Pernos de 3 pulgada x 3 ¼ con tuercas, rodela planas y rodela de presión en acero negro.	2	8
	Materiales varios y mano de obra de la construcción del equipo.		700
	Instalación del equipo en el laboratorio de curtación de la Facultad de Ciencias pecuarias.		150
		SUB TOTAL	2526
		IVA 12%	0
		TOTAL	2526

De los resultados expuestos se afirma que existe un ahorro considerable de dinero al elaborar este tipo de equipos de producción nacional ya que es de conocimiento general que la mano de obra de nuestro país es muy calificada y que existe el talento para producir equipos no solo similares si no superiores a los que vienen de otros países pero con precios muy elevados por la necesidad de adquirirlos por lo tanto es conveniente promocionar los resultados de la presente investigación, pionera en el ramo, para que las personas que trabajan en la industria del cuero puedan contar con equipos que simplifiquen su trabajo y mejoren la calidad del producto

V. CONCLUSIONES

- El diseño e implementación de un bombo metálico para la curtición de pieles menores como son los ovinos, caprinos, animales marinos entre otros; surgió de la necesidad de automatizar el proceso de curtido en el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias, donde se realiza múltiples investigaciones para validar productos y de esa manera fortalecer los conocimientos adquiridos en las aulas.
- Una vez diseñado y construido el bombo metálico que se le otorgó el código BB-315, se procedió al curtido de pieles menores utilizando como variable un curtido vegetal versus con cromo, observado que en los dos casos se produjo la curtición total del tejido interfibrilar sin embargo se aprecia la mejor tensión (3460.22 N/cm^2), y porcentaje de elongación (69.00 %), al curtir con cromo mientras que la mejor temperatura de contracción se consiguió al utilizar el curtiente vegetal.
- La evaluación sensorial determinó que el mejor tacto y llenura (4,80 puntos) se consigue al curtir con tara, mientras que la blandura es la misma al utilizar tara o cromo (3,60 puntos), validando de esa manera la construcción del equipo ya que se obtiene resultados satisfactorios.
- La eficiencia del bombo BB-315, del Laboratorio de Curtiembre de pieles fue de 88% que es satisfactorio sobre todo desde el punto de vista económico ya que permite asegurar la calidad del producto que se curte, así como también fomenta la industria de nuestro país, al crear prototipos similares a los de la investigación.
- El costo del equipo fue de 2526 dólares americanos que al ser comparado con equipos de procedencia sobre todo del continente europeo que son los que más construyen estos equipos y que al ser proformado se tiene un referente de 5000 dólares. Por lo tanto, se aprecia que existe un ahorro considerable en la construcción que conlleva a un progreso de la empresa curtidora, el momento de proyectarlo a escala industrial.

VI. RECOMENDACIONES

De los resultados expuestos se derivan las siguientes recomendaciones:

- Realizar el diseño y construcción de prototipos mecánicos que permitan optimizar los procesos de curtición automatizando las dosificaciones de insumos para conseguir una mayor precisión en el tiempo y calidad del producto de las pieles de especies menores.
- Utilizar los prototipos mecánicos que han sido construidos en el taller de curtiembre de pieles como referentes para ser replicados a escala industrial debido a que demuestran resultados satisfactorios en cuanto a la calidad tanto física como sensorial del cuero.
- Utilizar mano de obra y materiales propios de la región para diseñar y construir prototipos mecánicos como es el bombo metálico que proporciona mayor durabilidad y sobre todo resultados satisfactorios en cuanto a la calidad del cuero con un valor agregado como es la disminución de los costos en relación a otros equipos similares de procedencia extranjera.
- Promulgar los resultados de la presente investigación que sirve de instrumento para el aprendizaje de los usuarios del laboratorio de curtiembre, hacia pequeños medianos y grandes curtidores, asegurando la calidad de estos prototipos mecánicos que son validados ya en la producción de cuero.

VII. LITERATURA CITADA

Adzet, J. (2005). Química Técnica de Tenerife . (1. ed., Ed.) Igualada, España. : Edit. Romanya-Valls.

Aleandry, F. (2009). 1000 preguntas y 1000 respuestas sobre la comercialización de pieles de cuyes, conejos y chinchillas. (1. ed., Ed.) Buenos Aires,, Argentina: Edit. Banneer.

Aranda, J. (14 de Julio de 2015). Uso Eficiente del Agua . Obtenido de http://seia.guanajuato.gob.mx/document/AquaForum/AF45/AF4507_UsoEficienteAgua.pdf.

Artigas, M. (2007). Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles. . (2. ed, Ed.) Barcelona, España: Edit. Latinoamericana.

Bacardit, A. (2004). Química Técnica del Cuero. (2. ed., Ed.) Cataluña,, España. : Edit. COUSO.

Barrenechea, M. (26 de Septiembre de 2016). ASPECTOS FISICOQUÍMICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>

Belda, A. (2006). Merinos precoces y razas afines en España. Madrid, España. : Edit Gráficas Valencia.

Bequle, W. (22 de Agosto de 2016). Funciones básicas de la piel. . Obtenido de <http://www.cuernet.com/tecnica/lapiel>.

Bursch, C. (22 de Julio de 2015). Tipos de pieles utilizadas en el curtido el curtido mineral. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve>

Carrasco, A. (12 de Diciembre de 2014). Maquinaria para la curtiembre. Obtenido de <http://www.anderquim.com>.

Castelles, J. (12 de Mayo de 2015). Valoracion de residuos procedentes de grandes industrias . Obtenido de

https://books.google.com.ec/books?id=P__o0y7iq8C&pg=PA594&dq=residuos+solidos+cromo+trivalente&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj74uqB0eTLAhVJrB4KHTS2BB4Q6AEIJAC#v=onepage&q=residuos%20solidos%20cromo%20trivalente&f=false. ISBN 968-84-9969-366-8-

- Chasiquiza, A. (2014). Comparación de la curtición con extracto de poli fenoles vegetales de caesalpínia spinosa, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas”. Riobamba, Ecuador: ESPOCH _ FCP.pp 4 -56.
- Chavarrea, M. (2011). Diseño y Construcción de un reactor- Molineta para el curtido de Cueros con pelo en la curtiembre Cueros El “AL-CE”. . Escuela Politécnica del Chimborazo.
- Choto, A. (2018). Curtición de pieles vacunas para tapicería, utilizando diferentes niveles de Caesalpinia spinosa (tara) aplicando el método convencional. Riobamba, Ecuador: Facultad de Ciencias Pecuarias Carrera de Ingeniería.
- Font, J. (2001). Análisis y ensayos en la industria del cuero. Barcelona, España : Edit Ceti.
- Frankel, A. (2009). Manual de Tecnología del Cuero. . (2. ed., Ed.) Buenos Aires , Argentina: Edit. Albatros.
- Grunfed, ,. A. (2008). Remojo de pieles lanares para doble faz. Montevideo : Edit AUQTIC.
- Hidalgo. (2013). Diseño de la etapa de curtición de piel bovina con la utilización del extracto tánico y gálico del guarango *Caesalpinia spinosa*”. Riobamba -- Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Hidalgo. (2016). Comparación de la curtición con harina de Caesalpinia Spinosa, con una curtición mineral con sulfato de cromo para pieles caprinas. Revist de la facultad de Ingenieria Industrial, 23.
- Hidalgo, L. (2004). Texto básico de Curtición de pieles. (1. ed., Ed.) Riobamba, Ecuador. : Edit. ESPOCH.

- INEC. (23 de Marzo de 1981). Instituto Ecuatoriano De Estadísticas Y Censos . CUEROS DETERMINACION DE LA TEMPERATURA DE ENCOGIMIENTO. Quito, Ecuador : INEC.
- Lacerca, M. (2003). Curtición de Cueros y Pieles. (1. ed., Ed.) Buenos Aires, Argentina: Edlt. Albatros.
- Libreros, J. (2003). Manual de Tecnología del cuero. (1. ed., Ed.) Igualada, España. : Edit. EUETII.
- Lultcs, W. (2003.). Analisis físicos del Cuero . IX Conferencia de la Industria del Cuero. (págs. 25 -27). Barcelona-España.: Edit. Separata Técnica.
- Mendez, R. (2 de Junio de 2014). PRODUCCION MAS LIMPIA EN LA INDUSTRIA DEL CURTIEMBRE. Obtenido de http://books.google.com.ec/books?id=h4h5Zel3howC&pg=PA113&dq=curtido&hl=es&sa=X&ei=bZmrU_OYI8HisATd6IKgDA&ved=0CCMQ6AEwAg#v=onepage&q=curtido&f=false ISBN 9788497507967
- Montanares, C. (16 de Abril de 2016). El portal de la seguridad, la prevención y la salud ocupacional de chile. Obtenido de http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm
- Morera, J. (2008). Química Técnica de Curtición. (2. Edición., Ed.) Igualada,, España. E: Editorial Escuela Superior de Adobería. CETI.
- Núñez, M. (2016). Implementación de un bombo de acabados del cuero para el estudio del proceso de recurtido y tinte de cueros de especies menores para el laboratorio de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba : laboratorio de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Chimborazo.
- Porras, Á. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Revista ingenierías universidad de Medellín, 9(17), 41-49.

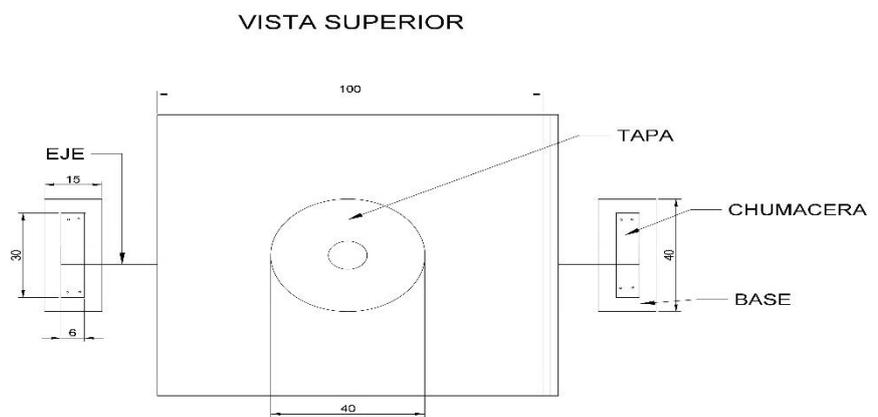
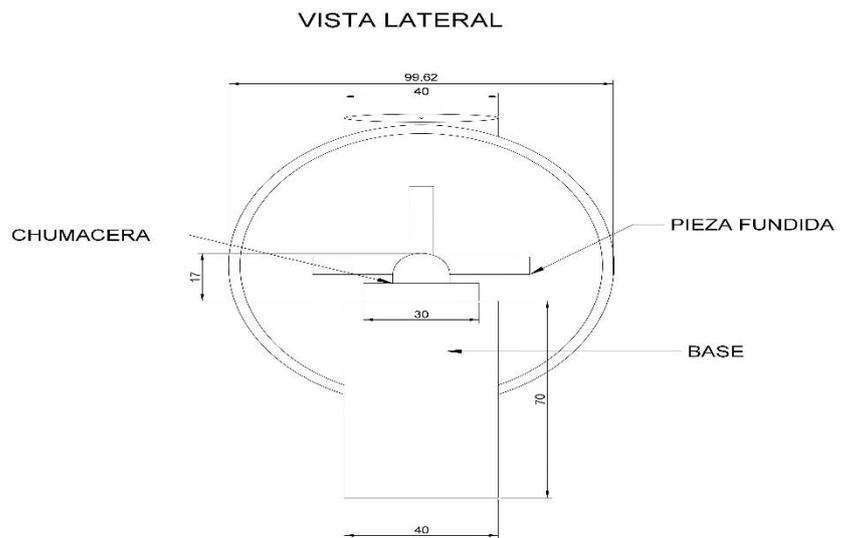
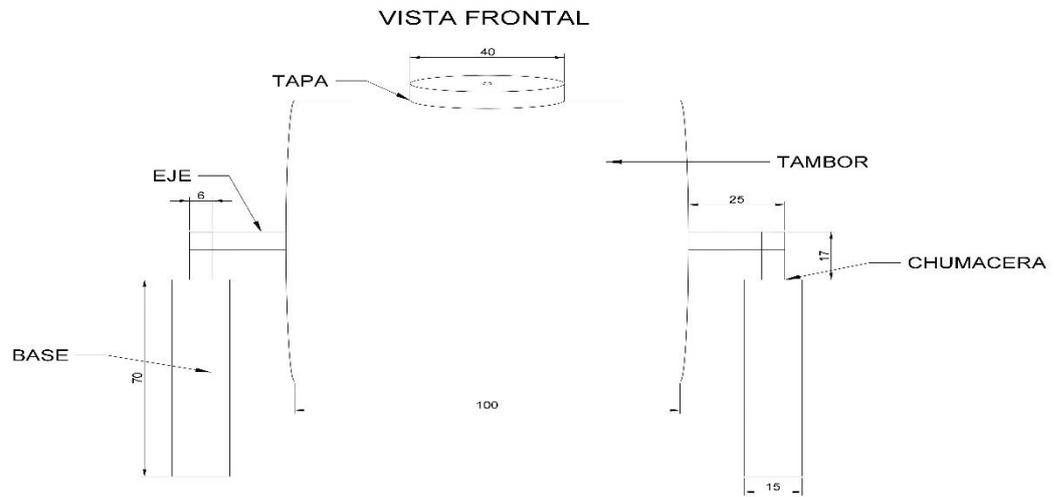
- Puente, C. (2018). "APLICACIÓN DE UN PROCESO DE CURTIDO DE PIELES BOVINAS SIN CROMO UTILIZANDO OXAZOLIDINA EN COMBINACIÓN CON CAELSASPINIA SPINOSA (TARA). Lima, Peru: Universidad Mayor de San Marcos.
- Rabasco, E. (2017). Curtición de pieles ovinas utilizando tres niveles de mimosa en combinación con 6% de sulfato de aluminio". Riobamba - Ecuador : Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Ramírez, C. (2000). Implementación de un sistema de producción por medio de la programación lineal en la capacidad instalada de producción de un taller de manufactura de cueros. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
- Rivero, A. (2001). Manual de Defectos en Cuero. (1. ed., Ed.) Igualada, , España. : Edit. CIATEG A.C.
- Rueda, P. C. (2004). 2004. Evaluación de tres técnicas de curtición en pieles de conejo y cabra, En la granja de la facultad de medicina veterinaria y zootecnia. . San Carlos Guatemala, Guatemala : Universidad de San Carlos Guatemala.
- Soler, J. (2004). Procesos de Curtido. (1. ed., Ed.) Barcelona, España. : Edit CETI. pp 45,48,56,67.
- Solís, E. (2010). implementación de un sistema que controle la velocidad de un fulón en la fábrica curtidos Solís. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Téllez, J. R. (2004). Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. Revista de la facultad de medicina, 52(1), 50.
- Themes, M. (12 de Febrero de 2018). Conocimientos de la piel manualidades en cuero. Obtenido de <http://www.trucosymanualidades.com/conocimientos-de-la-piel-manualidades-cuero/>

Villamil, C. (12 de Marzo de 2017). El cuero y sus cracterísticas . Obtenido de <file:///C:/Users/LUIS/Downloads/126187905-El-Cuero-clasificacion-usos-y-caracteristicas.pdf>

Vincent, M. (05 de Junio de 2014). QUIMICA INDUSTRIA ORGANICA. Obtenido de http://books.google.com.ec/books?id=00_6Q134GzYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false ISBN 97884917933.

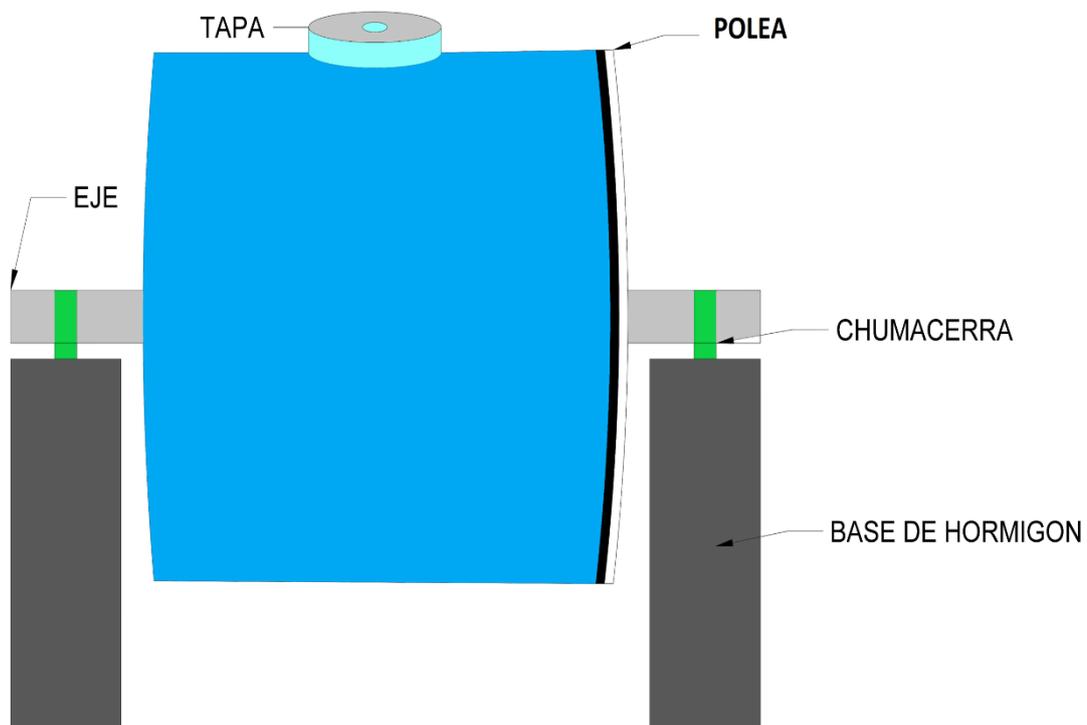
ANEXOS

Anexo 1. Plano del bombo metálico BB-315.



Anexo 2. Partes del bombo metálico BB-315.

PARTES DEL BOMBO



Anexo 3. Estadísticas Descriptivas de la resistencia a la tensión del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

Tipo de curtido	N° muestra	Tensión
Cromo	1	2989.58
Cromo	2	3847.22
Cromo	3	3576.92
Cromo	4	3589.74
Cromo	5	3297.62
Tipo de curtido	N° muestra	Tension
Tara	1	2833.33
Tara	2	3177.08
Tara	3	2927.08
Tara	4	2906.25
Tara	5	2854.17

Variable			Estadístico		
Tension	Cromo	Media	3460.22		
		Límite inferior	3054.01		
		Límite superior	3866.42		
		Error estándar	146.31		
		Mediana	3576.92		
		Varianza	107026.02		
		Desviación estándar	327.15		
		Mínimo	2989.58		
		Máximo	3847.22		
		Rango	857.64		
		Rango intercuartil	574.88		
		Asimetría	-0.56		
		Curtosis	-0.07		
		Tara	Tara	Media	2939.58
				Límite inferior	2768.14
				Límite superior	3111.02
				Error estándar	61.75
Mediana	2906.25				
Varianza	19064.33				
Desviación estándar	138.07				
Mínimo	2833.33				
Máximo	3177.08				
Rango	343.75				
Rango intercuartil	208.33				
Asimetría	1.83				

Anexo 4. Estadísticas Descriptivas del porcentaje de elongación sión del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

Porcentaje de elongación

Tipo de curtido	N° muestra	Elongacion
Cromo	1	67.50
Cromo	2	70.00
Cromo	3	65.00
Cromo	4	72.50
Cromo	5	70.00

Tipo de curtido	N° muestra	Elongacion
Tara	1	75.00
Tara	2	60.00
Tara	3	60.00
Tara	4	72.50
Tara	5	50.00

Variable			Estadístico
elongacion	Cromo	Media	69.00
		Límite inferior	65.46
		Límite superior	72.54
		Error estándar	1.27
		Mediana	70.00
		Varianza	8.13
		Desviación estándar	2.85
		Mínimo	65.00
		Máximo	72.50
		Rango	7.50
		Rango intercuartil	5.00
		Asimetría	-0.40
		Curtosis	-0.18
		Tara	Tara
Límite inferior	50.78		
Límite superior	76.22		
Error estándar	4.58		
Mediana	60.00		
Varianza	105.00		
Desviación estándar	10.25		
Mínimo	50.00		
Máximo	75.00		
Rango	25.00		
Rango intercuartil	18.75		
Asimetría	-0.11		

Prueba de t student

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	69.00	66.87
Varianza	8.13	64.06
Observaciones	5.00	4.00
Varianza agrupada	32.10	
Diferencia hipotética de las medias		-
Grados de libertad	7.00	
Estadístico t	0.56	
P(T<=t) una cola	0.30	ns
Valor crítico de t (una cola)	1.89	
P(T<=t) dos colas	0.59	
Valor crítico de t (dos colas)	2.36	

Anexo 5. Estadísticas Descriptivas de la temperatura de encogimientos del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

Tipo de curtido	N° muestra	T° encogimiento
Cromo	1	85.00
Cromo	2	87.00
Cromo	3	89.00
Cromo	4	90.00
Cromo	5	85.00

Tipo de curtido	N° muestra	T° encogimiento
Tara	1	80.00
Tara	2	82.00
Tara	3	81.00
Tara	4	83.00
Tara	5	82.00

Encogimiento	Cromo	Media	87.20
		Límite inferior	84.37
		Límite superior	90.03
		Error estándar	1.02
		Media recortada al 5%	87.17
		Mediana	87.00
		Varianza	5.20
		Desviación estándar	2.28
		Mínimo	85.00
		Máximo	90.00
		Rango	5.00
		Rango intercuartil	4.50
		Asimetría	0.23
		Curtosis	-2.51
	Tara	Media	81.60
		Límite inferior	80.18
		Límite superior	83.02
		Error estándar	0.91

Media recortada al 5%	81.61
Mediana	82.00
Varianza	1.30
Desviación estándar	1.14
Mínimo	80.00
Máximo	83.00
Rango	3.00
Rango intercuartil	2.00
Asimetría	-0.40
Curtosis	-0.18

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable</i>	
	<i>Variable 1</i>	<i>2</i>
Media	87.2	81.6
Varianza	5.2	1.3
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	3.25	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	4.91152491	
P(T<=t) una cola	0.001	**
Valor crítico de t (una cola)	1.85954804	
P(T<=t) dos colas	0.00117652	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600414	

Anexo 6. Estadísticas Descriptivas del tacto cuero curtido en el bombo metálico
BB – 315.

Tipo de curtido	Nº muestra	Tacto
Cromo	1	3.00
Cromo	2	3.00
Cromo	3	4.00
Cromo	4	4.00
Cromo	5	4.00

Tipo de curtido	Nº muestra	Tº encogimiento
Tara	1	5
Tara	2	5
Tara	3	4
Tara	4	5
Tara	5	5

Variable			Estadístico
Tacto	Cromo	Media	3.60
		Límite inferior	2.92
		Límite superior	4.28
		Error estándar	0.91
		Media recortada al 5%	3.61
		Mediana	4.00
		Varianza	0.30
		Desviación estándar	0.55
		Mínimo	3.00
		Máximo	4.00
		Rango	1.00
		Rango intercuartil	1.00
		Asimetría	-0.61
		Curtosis	-3.33
		Tara	Media
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior		4.24 5.36
Error estándar	0,93		
Media recortada al 5%	4.83		
Mediana	5.00		

Varianza	0.20
Desviación estándar	0.45
Mínimo	4.00
Máximo	5.00
Rango	1.00
Rango intercuartil	0.50
Asimetría	-2.24
Curtosis	5.00

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable</i>	
	<i>Variable 1</i>	<i>2</i>
Media	3.6	4.8
Varianza	0.3	0.2
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0.25	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
	-	
Estadístico t	3.79473319	
P(T<=t) una cola	0.003	
Valor crítico de t (una cola)	1.85954804	
P(T<=t) dos colas	0.00527611	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600414	

Anexo 7. Estadísticas Descriptivas de la blandura del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

Tipo de curtido	N° muestra	Blandura	
Cromo	1	5.00	
Cromo	2	5.00	
Cromo	3	4.00	
Cromo	4	5.00	
Cromo	5	3.00	

Tipo de curtido	N° muestra	Blandura	
Tara	1	3.00	
Tara	2	4.00	
Tara	3	4.00	
Tara	4	3.00	
Tara	5	4.00	

Blandura	Cromo	Media		4.40
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3.29
Límite superior				
		Media recortada al 5%		4.44
		Mediana		5.00
		Varianza		0.80
		Desviación estándar		0.89
		Mínimo		3.00
		Máximo		5.00
		Rango		2.00
		Rango intercuartil		1.50
		Asimetría		-1.26
		Curtosis		0.31
	Tara	Media		3.60
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.92	4.28
		Límite superior		
		Media recortada al 5%		3.61
		Mediana		4.00
		Varianza		0.30

		Desviación estándar	0.55
		Mínimo	3.00
		Máximo	4.00
		Rango	1.00
		Rango intercuartil	1.00
		Asimetría	-0.61
		Curtosis	-3.33

	<i>Variable</i>	
	<i>Variable 1</i>	<i>2</i>
Media	4.4	3.6
Varianza	0.8	0.3
Observaciones	5	5
Varianza agrupada	0.55	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	8	
Estadístico t	1.70560573	
P(T<=t) una cola	0.06323745	ns
Valor crítico de t (una cola)	1.85954804	
P(T<=t) dos colas	0.1264749	
Valor crítico de t (dos colas)	2.30600414	

Anexo 8. Estadísticas Descriptivas de la llenura del cuero curtido en el bombo metálico BB – 315.

Tipo de curtido	N° muestra	Llenura
Cromo	1	4.00
Cromo	2	4.00
Cromo	3	3.00
Cromo	4	3.00
Cromo	5	4.00

Tipo de curtido	N° muestra	Blandura
Tara	1	5.00
Tara	2	5.00
Tara	3	4.00
Tara	4	5.00
Tara	5	5.00

Variable			Estadístico	
Llenura	Cromo	Media	3.60	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.92
			Límite superior	4.28
		Media recortada al 5%	3.61	
		Mediana	4.00	
		Varianza	0.30	
		Desviación estándar	0.55	
		Mínimo	3.00	
		Máximo	4.00	
		Rango	1.00	
		Rango intercuartil	1.00	
		Asimetría	-0.61	
		Curtosis	-3.33	
		Tara	Media	4.80
95% de intervalo inferior	4.24			

de confianza superior para la media	Límite superior	5.36
Media recortada al 5%		4.83
Mediana		5.00
Varianza		0.20
Desviación estándar		0.45
Mínimo		4.00
Máximo		5.00
Rango		1.00
Rango intercuartil		0.50
Asimetría		-2.24
Curtosis		5.00

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	3.60	4.8
Varianza	0.30	0.2
Observaciones	5.00	5
Varianza agrupada	0.25	
Diferencia hipotética de las medias	-	
Grados de libertad	8.00	
Estadístico t	3.79	
P(T<=t) una cola	0.00	**
Valor crítico de t (una cola)	1.86	
P(T<=t) dos colas	0.01	
Valor crítico de t (dos colas)	2.31	