



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO PARA EL
ADOBE DE PIELS DE ESPECIES MENORES EN EL LABORATORIO DE
CURTICIÓN”**

TESIS DE GRADO
Previa a la obtención del título de
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR:
ALEXIS MISAEAL AGILA LOOR

RIOBAMBA – ECUADOR
2014

Esta tesis fue aprobada por el siguiente tribunal

Ing. Adriana Alexandra Pesantez Erazo.
PRESIDENTE DE TRIBUNAL

Ing M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.
DIRECTOR DE TESIS

Ing M.C. Luis Eduardo Hidalgo Almeida.
ASESOR DE TESIS

Riobamba 29 Octubre del 2014.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mis padres por haber sido mi fortaleza y por ser el pilar fundamental en el largo aprendizaje de mi vida además del apoyo constante brindado a lo largo de mi carrera universitaria, quienes me inculcaron el valor de la honestidad y el respeto.

A la Facultad de Ciencias Pecuarias, y a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo donde inicié mi carrera y donde ahora la culmino, por haberme impartido los conocimientos necesarios en la carrera de Industrias Pecuarias y por haberme brindado la oportunidad de cumplir una más de mis metas en este transcurso de la vida.

A todos y cada uno de mis tutores que me han acompañado durante el largo camino de vida estudiantil, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos mis familiares que con sus ejemplos, consejos y enseñanzas han formado mi personalidad

Alexis Agila Loor

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Anexos	x
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. CONCEPTO DE MECÁNICA DE FLUIDOS	3
1. <u>Orígenes</u>	4
2. <u>Fluido</u>	11
a. Fluidos Newtonianos	12
b. Fluido No Newtoniano	13
3. <u>Propiedades de los fluidos</u>	13
a. Viscosidad	14
b. Conductividad Térmica	14
c. Tensión superficial	15
d. Capilaridad	16
B. CONEXIONES Y ACCESORIOS	16
1. <u>Empalme de tuberías</u>	16
2. <u>Accesorios de las conducciones</u>	17
C. VÁLVULAS	20
D. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO PARA EL CURTIDO DE PIELES DE ESPECIES MENORES.	21
1. <u>Construcción de un Sistema de Fluido Continuo</u>	21
2. <u>Volumen del Cuero</u>	23
3. <u>Densidad del Cuero</u>	23
4. <u>Cálculo de la capacidad del Sistema de Fluido Continuo para curtición</u>	24
5. <u>Dimensionamiento de la bomba</u>	25
6. <u>Cálculo del número de Reynolds</u>	27
7. <u>Cálculo de la rugosidad relativa</u>	27

8.	<u>Cálculo del factor de fricción</u>	28
9.	<u>Cálculo del flujo másico</u>	28
D.	LA PIEL	28
1.	<u>Estructura de la piel</u>	29
2.	<u>Pieles de reptiles</u>	29
3.	<u>Pieles de peces</u>	30
4.	<u>Pieles de animales marinos</u>	30
E.	LA CURTICIÓN DEL CUERO	31
1.	<u>Operación del remojo</u>	31
2.	<u>Pelambre y Calero</u>	32
a.	Pelambres de cal	33
3.	<u>Depilado, descarnado y dividido</u>	33
a.	Depilado	33
b.	Descarnado	34
c.	Dividido	35
4.	<u>Desencalado</u>	36
5.	<u>Rendido</u>	36
6.	<u>Piquel</u>	37
7.	<u>Curticiones con productos orgánicos</u>	38
8.	<u>Curtición con productos inorgánicos</u>	39
9.	<u>Neutralizado del cuero al cromo</u>	39
10.	<u>Recurtición del cuero al cromo</u>	39
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	41
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	41
C.	MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES	41
1.	<u>Materiales</u>	41
2.	<u>Equipo</u>	42
3.	<u>Instalaciones</u>	42
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	42
E.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	42
F.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	43
G.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	43

H.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	44
1.	<u>Tiempo de curtición al alumbre (horas)</u>	44
2.	<u>Resistencia a la Tensión</u>	44
3.	<u>Temperatura de encogimiento</u>	45
4.	<u>Porcentaje de Elongación</u>	45
5.	<u>Suavidad</u>	46
6.	<u>Blandura</u>	46
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	47
A.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.	47
1.	<u>Determinación del volumen del cuero</u>	47
2.	<u>Cálculo del volumen del contendor</u>	47
3.	<u>Cálculo de la potencia de la bomba requerida</u>	53
a.	Cálculo del caudal de recirculación requerido	54
b.	Cálculo de la velocidad del fluido	56
c.	Cálculo de las perdidas por los accesorios	57
d.	Cálculo de las pérdidas por fricción	59
e.	Cálculo del flujo másico	62
f.	Cálculo de la potencia de la bomba	62
B.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DEL CUERO OBTENIDO CON EL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.	63
1.	<u>Tiempo de curtición</u>	63
2.	<u>Resistencia a la tensión</u>	67
3.	<u>Temperatura de encogimiento</u>	68
4.	<u>Porcentaje de elongación</u>	72
5.	<u>Suavidad</u>	75
6.	<u>Blandura</u>	77
D.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	79
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	81
VI.	RECOMENDACIONES	82

VII. LITERATURA CITADA
ANEXOS

RESUMEN

En las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la FCP, de la ESPOCH, se realizó la implementación de un sistema de fluido continuo para el adobe de pieles de especies menores, por ser un trabajo de tipo descriptivo no se consideran unidades experimentales, ni un diseño estadístico; únicamente, se evaluó las pruebas piloto; por lo que los resultados infieren que la construcción del Sistema de Fluido Continuo contribuyó en la mejora de la efectividad en el proceso de curtido, evitando la acción mecánica de los bombos que tienden a dañar las pieles pequeñas y desmejorar las fibras debido al grado de fragilidad. El contenedor para el curtido de las pieles, podrá trabajar con un volumen de 788 litros como máximo, para operar de manera segura y procurar no generar derrames, se trabajará con un factor de seguridad del 11%, es decir que se prescindirá del 11% del volumen máximo del contenedor. La evaluación de las características física, determinó un tiempo de curtido óptimo (72,6 horas), buena resistencia a la tensión ($154,68 \text{ N/cm}^2$), temperatura de encogimiento (56°C), y porcentaje de elongación (37,67%). La evaluación sensorial, establece una media de 4,0 puntos para la caída y 4,20 puntos para la blandura, con calificaciones de muy buena; ideales para la confección de artículos muy finos, por lo que se recomienda utilizar un Sistema de Fluido Continuo que evita que las pieles de animales menores con pelo o lana se maltraten y desmejoren tanto sus resistencias físicas como su calidad sensorial.

ABSTRACT

In the facilities of the fur tanning lab of FCP, at ESPOCH, a continuum fluid system implementation was carried out for minor species fur tan. Experimental units, and statistic design were not considered because it is a descriptive research; the pilot tests were evaluated, so the results demonstrate that the continuum fluid system construction improved the effectiveness in the tanning process, avoiding the mechanic action of the rotating drums which harm the small furs and spoil the fibers due to the fragility level. The furs tanning container will work with a volume of 788 litres maximum to run with safety and spillage can be avoid. Security will be of 11% that means that 11% of container`s maximum will not be used. The physical characteristic evaluation determined an optimum- tanning time (72,6) hours, good resistance to strain (154,68 N/cm²), shrinking temperature (56°C), and a percentage of enlarging (37,67%). The sensorial evaluation establishes an average of 4,0 points for the fall and 4,20 points for the softness with scores of very good; excellent to make fine articles, that is why it is recommended to use a continuum fluid system avoiding minor animal wooled- and- haired furs to harm or to spoil both physical resistances and sensorial quality.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	CÁLCULO DEL CAUDAL	25
2.	ACCESORIOS UTILIZADOS	26
3.	CÁLCULO DE LAS ALTURAS DE LAS MARCAS DE LOS DIFERENTES VOLÚMENES DEL CONTENEDOR DEL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.	52
4.	FACTOR DE PÉRDIDA DE LOS ACCESORIOS.	58
5.	ACCESORIOS DEL COMPONENTE DE BOMBEO DEL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.	59
6.	TIEMPO DE CURTIDO, CURTICIÓN DE LA PIEL Y CALIDAD DEL CUERO CURTIDO EN EL EQUIPO DE SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO.	64
7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	80

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	Pág.
1. Comportamiento de los Fluidos Newtonianos y No Newtonianos.	13
2. Unión de brida roscada.	17
3. Accesorios para tuberías roscadas.	18
4. Unión con tuerca.	19
5. Válvulas de corte de flujo. (a). Válvula de bola, (b. Válvula de mariposa)	20
6. Válvulas de regulación. (a. Válvula de asiento, b. Válvula de diafragma)	21
7. Diseño del Sistema de Fluido Continuo.	22
8. Nomenclatura para el cálculo del volumen de un cilindro.	48
9. Dimensiones del contenedor de procesamiento de las pieles.	49
10. Marcas de los volúmenes nominales.	53
11. Tiempo de curtición de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	66
12. Resistencia a la tensión de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	69
13. Temperatura de encogimiento de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	71
14. Porcentaje de elongación de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	74
15. Blandura de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	76
16. Blandura de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.	78

LISTA DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.	Pieles de cuy contenidas dentro del equipo.	55
2.	Diferencia del altura entre el punto de carga y de descarga del fluido de procesamiento.	61

LISTA DE ANEXOS

Nº

- 1 Resistencia a la tensión de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.
- 2 Temperatura de encogimiento de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.
- 3 Elongación de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.
- 4 Suavidad de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.
- 5 Blandura de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.
- 6 Construcción del soporte del Sistema de Fluido Continuo.
- 7 Construcción del Sistema de Fluido Continuo.
- 8 Acople de tuberías para el Sistema de Fluido Continuo.
- 9 Sistema de Fluido Continuo finalizado.
- 10 Prueba piloto del Sistema de Fluido Continuo.

I. INTRODUCCIÓN

La obtención del cuero es un proceso que estabiliza las propiedades de la piel del animal sin que sufra cambios naturales de descomposición y putrefacción. Cada vez adquiere importancia el cuero para vestiduras, como por ejemplo, para zapatos, guantes y parecidas clases de objetos de cuero, así como también otros objetos como sillas, bolsos de mano, cofres, etc.

En la actualidad muchas de las plantas y laboratorios para curtir pieles a nivel de todo el país no cuentan con equipos adecuados para hacer los trabajos de fabricación en cuero, que impiden curtir una gran variedad de pieles que se diferencian mucho unas de otras en cuanto a tamaños y estructuras según el tipo de animal del que fueron obtenidas. Las pieles de muchos animales pueden curtirse y hacer de ellas adornos decorativos originales.

En muchos casos se venden a buen precio en el mercado. Un método sencillo de hacerlo es usando sal y alumbre y se puede utilizar con cualquier tipo de piel: conejo, cabra, etc. El cuero es un material proteico fibroso (colágeno) que se trata químicamente con material curtiente, generalmente cromo, para obtener las propiedades físicas deseadas para el fin al cual se destinó.

El control de la calidad en la fabricación de curtidos precisa disponer de métodos de análisis y ensayo para examinar las primeras materias, verificar los procesos de producción, vigilar las emisiones y sus tratamientos, y en definitiva, para asegurar la calidad del producto final. Si el cuero cumple con las normas establecidas entonces decimos que el cuero está óptimo para lo que se le destine, pero si no cumple con las características debidas entonces la curtiembre no fue óptima y no se puede usar para confeccionar artículos que cumplan ciertos requerimientos. La Industria del cuero ha desarrollado equipos y procesos solo para pieles de ganado bovino, descuidándose de la industria de pieles menores utilizadas en peletería, calzado, vestimenta, etc.

El grado de mecanización, compartido con el trabajo manual, varía de unos talleres a otros, aunque algunas "operaciones maestras" siguen siendo una tarea manual. Teniendo en cuenta uno de los mayores problemas en las pieles pequeñas, que al ser delicadas y de estructura frágil son sumamente maltratadas por la acción mecánica brusca que se produce por los golpes contra las paredes, los listones o pivotes que se presentan dentro de los diferentes tipos de fulones en la mayoría de curtiembres a nivel de todo el país.

Por tal motivo buscamos la implementación del Sistema de Fluido continuo para mejorar los procesos de transformación de pieles pequeñas en cueros de calidad en el laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias. El Sistema de Fluido Continuo puede ser aplicado por pequeños curtidores, curtidores artesanales peleteros, ayudando a mejorar el proceso de obtención del cuero y mejorando la rentabilidad en la comercialización. Por lo expuesto anteriormente los objetivos fueron:

- Diseñar e implementar un Sistema de Fluido Continuo para el adobe de pieles de especies menores en el laboratorio de curtición de pieles.
- Calcular caudales, pérdidas y flujos, y construir el Sistema de Fluido Continuo con materiales de alta resistencia a la corrosión y oxidación.
- Determinar las resistencias físicas y las calificaciones sensoriales de pieles de animales menores, curtidas en el Sistema de Fluido Continuo.
- Instalar el Sistema de Fluido Continuo en el laboratorio de Curtiembre y determinar el costo del equipo y proyectar su rentabilidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CONCEPTO DE MECÁNICA DE FLUIDOS

Martín, I. (2011), menciona que la Mecánica de Fluidos es la rama de la ciencia que estudia el equilibrio y el movimiento de los fluidos, esto es, líquidos y gases. En los fluidos, puede producirse un movimiento relativo de las moléculas u átomos que forma parte de la estructura interna tanto en movimiento como en reposo, situación que no se produce nunca en los sólidos. La mecánica de fluidos puede dividirse en dos partes diferenciadas. La primera de ellas es la que estudia, básicamente, el movimiento de fluidos que circula por una trayectoria concreta, en el que el fenómeno característico es su transporte. En este tipo de circulación de fluidos, éstos circulan canalizados por el interior de conducciones o cauces, y por ello se denomina flujo interno.

Morán, J. (2009), señala que es una ciencia básica en todas las ingenierías. Cuando el fluido objeto de estudio es el agua, la parte de la mecánica de fluidos que estudia su movimiento es la Hidráulica. La segunda parte en que se divide la mecánica de fluidos es cuando estos circulan, en vez de por el interior de conducciones, a través en un conjunto de partículas sólidas, denominándose flujo externo, ya que en vez de circular el fluido por el interior de un sólido (una conducción), es el fluido el que envuelve toda la superficie exterior de los sólidos.

Jones, J. (2007), expresa que en tecnología química, el conocimiento del flujo externo de fluidos es necesario pensando en que se aplica en multitud de operaciones básicas características de la industria química, como sedimentación, filtración, etc. Además, resulta básico en el tratamiento de cuantas operaciones impliquen transmisión de calor y transferencia de materia, es decir, en todas las llamadas operaciones básicas de la Ingeniería Química. El flujo externo de fluidos ha sido desarrollado históricamente por la Ingeniería Química.

1. Orígenes

Pasinato, H. (2008), indica que a modo de introducción se comenta algo sobre el lugar que ocupa la Mecánica de Fluidos en el cuerpo general de las ciencias y luego se hace una reseña histórica de los orígenes de la misma. Se puede ahora dar un rápido recorrido por las diferentes ramas de la ciencia que intentan explicar el mundo material en que vivimos, para ver donde están ubicados los conocimientos correspondientes a Mecánica de Fluidos. La rama principal de las ciencias que explican el mundo material es denominada Filosofía de la Naturaleza o Filosofía Natural. Pero dado que la Matemática como ciencia juega un rol importante en el modelado de la naturaleza, se puede hablar de un cuerpo más amplio de la ciencia que explica el mundo material como es la Filosofía Natural y Matemática.

Levenspiel, P. (2007), manifiesta que por otro lado, una división de la Matemática en Pura y Aplicada. La primera conforma un cuerpo de conocimientos abstractos, que no hace necesariamente referencia al mundo en el que vivimos. En contraste la Matemática Aplicada es aquella parte de la Matemática orientada al estudio de los aspectos físico del mundo real. Es decir la misma incluye el estudio de la cinemática y dinámica de cuerpos, deformación de sólidos y estadística, entre otras ciencias. Y en especial el estudio en general del movimiento, que constituye el objeto de estudio de la Mecánica. Y es en esta última rama de la ciencia donde reside la Mecánica de Fluidos. Es decir la Mecánica de Fluidos es una rama de la Mecánica, dentro de Matemática Aplicada.

Pasinato, H. (2008), sin embargo a diferencia del resto de la Mecánica, la Mecánica de Fluidos estudia la materia que tiene capacidad de fluir o fluido. Por otra parte, ya dentro de la Mecánica de Fluidos existen innumerables subdivisiones según el fluido sea un gas, en Dinámica de Gases, o un líquido, Hidromecánica, Hidráulica e Hidrostática. O según el gas en cuestión sea el aire, tomando el nombre de Aerodinámica Experimental o Teórica. O más especializada aún, como Aeroespacial o Aeronáutica, para hacer referencia a las ciencias sobre vuelos en la atmósfera o fuera de ella. Y quedan muchas

subdivisiones sin comentar, pero esas pocas nos da una idea de lo completo que es el cuerpo de conocimiento que hoy en día abarca la Mecánica de Fluidos. Además de ser amplio y completo el espectro de temas que estudia la Mecánica de Fluidos, existe mucha riqueza de problemas físicos. Dentro de la Mecánica, la Mecánica de Fluidos compite de igual a igual frente a otras ramas de la misma como la Física Atómica, la Mecánica Cuántica y la Relatividad, en la riqueza de fenómenos así como en el desafío que representan su comprensión para el ser humano. Mucha de la riqueza de dichos fenómenos físicos es explicada por el modelo matemático, que a diferencia de las otras ciencias mencionadas, en la Mecánica de Fluidos está conformado por ecuaciones no lineales. De hecho uno de los fenómenos más intrigantes y fascinantes de la naturaleza como es la turbulencia, la cual no tiene al presente una teoría completa, pertenece al movimiento de los fluidos. Además de conocer su lugar dentro de las ciencias en general, otro aspecto interesante es conocer algo de la historia de la Mecánica de Fluidos, para tener una ubicación en el tiempo de sus conocimientos y también para dar reconocimiento a los científicos que han realizado contribuciones a la misma. En primer lugar digamos que la historia de la Mecánica de Fluidos es paralela a la historia de la civilización. Y esto ha ocurrido así dada la importancia que tienen algunos fluidos en el desarrollo de la vida, como lo es el agua, por ejemplo. Los seres humanos, animales y vegetales, por cierto, son literalmente seres basados en agua.

Wark, K. (2001), argumenta que el cuerpo humano, por citar un caso, tiene aproximadamente un 71% de agua, con lo cual queda en claro la importancia de la misma en el desarrollo de la vida humana y de los seres vivos en general. Por eso para hacer una reseña del origen de la Mecánica de Fluidos sería necesario ir hacia atrás hasta tiempos muy remotos, de los cuales no se tienen registros de ningún tipo. Sin embargo sí se pueden comentar hechos más recientes, ocurridos en algún momento antes del año 5000 antes de Cristo, AC, aunque en estos casos no se pueden atribuir autorías a individuos sino a toda una población. Existen evidencias arqueológicas de un pueblo pacífico y muy talentoso que descendió por esa época desde Asia Central hacia la Mesopotamia, es decir a la zona entre los ríos Tigris y Éufrates (región que en la actualidad corresponde a

Irak). Esos registros muestran que el mismo tenía suficiente manejo ingenieril de los ríos, como para realizar sistemas de irrigación y así conseguir mejorar la producción de sus plantaciones. Se les atribuye a ellos haber realizado las primeras obras de lo que hoy se conoce como ingeniería hidráulica, muy elementales por cierto, pero muy avanzadas para su época. Dicho pueblo había también conseguido avances notables en astronomía, que luego transfirieron a los egipcios quienes mostraron ser dignos continuadores de dicha cultura.

Cengel, Y. (2006), constata que uno de los usos que los egipcios hicieron de los conocimientos astronómicos heredados, fue definir el año civil con una duración exacta de 365 días, o 12 meses con 30 días cada uno, más 5 días extras denominados sagrados. Por otro lado realizaron verdaderas obras de ingeniería en cuanto al manejo de las aguas del río Nilo. Algo asombroso es saber que ellos habían relacionado el día que la estrella Sirius aparecía visible en el firmamento cada año, con el inicio aproximado de las crecidas del Nilo. Y como se percataron de la regularidad de las mismas, para ellos el nivel del Nilo pasó a ser algo así como un calendario. Es asombroso también saber, por ejemplo, que se han encontrado evidencias de tablas que daban cuenta de anotaciones o registros de los cambios de nivel del río Nilo ya en esa época. Así como saber que ellos habían percibido que existía una conexión entre las estaciones del año, el agua y el aire. Lo que podríamos definir como el inicio del estudio, si es que se puede usar esa palabra dado que no eran conocimientos ciertamente científicos, del movimiento de los fluidos que rodean la tierra. En base a lo anterior se le puede atribuir al pueblo que habitó la región entre los ríos Tigris y Éufrates, y a los egipcios, haber sido los que iniciaron el desarrollo del conocimiento en Mecánica de Fluidos, sobre la base de la necesidad del manejo del agua. Pero para ser equitativos, porque en ciencias Occidente a veces escribe una historia desconectada de Asia, es importante comentar que alrededor del año 3000 AC, en la región que hoy ocupan China e India, se desarrollaron también civilizaciones que habían detectado la relación existente entre las estaciones del año, con el agua y el aire en la naturaleza. Por otra parte tampoco se debe olvidar que el pueblo que descendió a la Mesopotamia, provenía de Asia Central.

Baehr, H. (2007), finaliza que en síntesis, se puede concluir que en esencia fueron las civilizaciones que se desarrollaron en las regiones que hoy en día ocupan China-India, Mesopotamia-Babilonia y Egipto las que dieron origen al desarrollo de conocimiento sobre el manejo del agua y por lo tanto de los fluidos. Y la razón que motivó dicho desarrollo ha sido sin dudas la importancia del agua en el desarrollo de la vida. De donde se concluye también que la historia de la Mecánica de Fluidos es en cierto modo paralela a la historia de la civilización. En los casos anteriores se habla de civilizaciones que se desarrollaron en tal o cual región y se hace referencia a las poblaciones, porque no existen registros como para identificar quienes fueron los individuos que realizaron las contribuciones. Sin embargo para tiempos algo más modernos, de los cuales ya se tienen registros, se puede hablar de científicos que han realizado contribuciones y dar sus nombres. A modo de reconocimiento en esta reseña se citan aquellas personas reconocidas por sus contribuciones a Mecánica de Fluidos, hasta que fue obtenido el modelo más general sobre dinámica de fluidos conocido como ecuaciones de Navier-Stokes. Se aclara sin embargo que dicha lista puede ser sin dudas incompleta, por un lado. Por otra parte, de las contribuciones solo se comentan algunos casos muy notables, ya que mayores detalles están fuera del alcance de este libro.

Segura, J. (2008), experimenta que luego una lista con nombres ilustres en cuanto a contribuciones a Mecánica de Fluidos puede comenzar con Tales de Mileto, quien nació y murió en Grecia entre los años (624-546), AC, y seguir con Aristóteles quien nació en Macedonia y murió en Grecia y vivió entre los años (384-367), AC. Luego seguir con Arquímedes, quien nació y murió en Siracusa, Sicilia, entre los años (287-212) AC; Herón de Alejandría, quien nació en Grecia y luego emigró a Egipto, precisamente a Alejandría, año 260 AC, aproximadamente. Siendo los anteriores los primeros científicos que hicieron aportes notables para esa época. Sin embargo luego la historia de la ciencia parece haberse detenido a los inicios de la Era Cristiana.

Holman, J. (2008), interpreta que es decir, el nacimiento de la Mecánica de Fluidos ocurrió bien al comienzo de la civilización, pero luego al inicio de la Era

Cristiana, coincidente aproximadamente con la caída del Imperio Romano, los avances en Mecánica de Fluidos se fueron deteniendo. El panorama general para la civilización en esa época fue de adormecimiento. Se puede decir que la civilización se detuvo, entre otras causas, por las invasiones de pueblos bárbaros del norte de Europa. Los conquistadores bárbaros no conocían sobre leyes, estado y todo lo que había existido en Grecia y Roma hasta esa época. Fueron quemados libros y bibliotecas completas.

Soriano, J. (2009), instruye que aun cuando fue larga, felizmente esa era de atraso y destrucción cesó. Alrededor del final del siglo XV, inicio del periodo conocido como Renacimiento, soplaron nuevos aires y Europa comenzó a redescubrir los conocimientos almacenados de Grecia y Roma. El lapso de tiempo entre la caída del Imperio Romano y el Renacimiento no fue sin embargo todo desolación y conformismo. Existieron aquellos que lucharon a lo largo de esos oscuros siglos, pero fue solo a partir de la época del Renacimiento, que surgieron personalidades como Leonardo de Vinci, entre otros, quienes le dieron nuevos impulsos a la ciencia. Por ejemplo a Newton se debe entre muchos otros aportes la relación tensión interna en un fluido = coeficiente x gradiente de la velocidad, la cual da el nombre de Newtonianos a los fluidos que la cumplen como el agua y el aire. Luego de Newton se puede seguir con Daniel Bernoulli, Francia, (1700-1752), quien escribió el primer libro sobre Mecánica de Fluidos y por lo tanto muy reconocido en los libros actuales, aun cuando no es, por ejemplo, el autor de la famosa ecuación hoy en día conocida como Ecuación de Bernoulli. Leonardo Euler, quien vivió entre los años (1707-83), nació en Suiza pero desarrolló sus contribuciones en Rusia.

Alarcon, J. (2009), incluye que en síntesis, usando una perspectiva histórica es interesante destacar sobre las citas anteriores, que existieron dos periodos de progresos bien diferenciados para Mecánica de Fluidos. Uno en los comienzos de la civilización, hasta aproximadamente la caída del Imperio Romano, y otro que se inició con el Renacimiento y que llega a nuestros días. Separados ambos por una era de oscurantismo de aproximadamente 1.400 años. Terminar con esta reseña histórica, sin embargo, es importante comentar sobre una cierta metamorfosis que

sufrió la ciencia en general en el segundo periodo. Es decir existieron ciertas particularidades en el desarrollo de Mecánica de Fluidos, en el segundo periodo desde el Renacimiento hasta nuestros días, que vale la pena comentar. En ese sentido algo que en principio se puede afirmar es que hasta el siglo XV II, el desarrollo de Mecánica de Fluidos se dio básicamente con la acumulación de conocimientos originados con el manejo del agua para diferentes usos.

Chapman A. (2000), estudia que sin embargo, por esos años surgiría una rama menos práctica de la Mecánica de Fluidos, basada en supuestos un tanto idealizados de la naturaleza. Por aquella época en las ciencias en general reinaba la Mecánica Clásica de Newton. Y el demonio imaginado por René Descartes, filósofo y científico francés (1596-1650), hacía pensar que era posible un determinismo absoluto que permitiría a través de una montaña de cálculos, sólo posibles de ser realizados por un demonio, conocer cada detalle del futuro. Un optimismo desmedido originado por la mecánica Newtoniana. Esta visión un tanto idealizada de la naturaleza tuvo por supuesto su correlato en el estudio de los fluidos. Basados en el modelo de fluido ideal de Roberto Boyle (1662), físicos y matemáticos desarrollaron la rama de Mecánica de Fluidos denominada Hidrodinámica Clásica. Los aportes de Leonardo Euler pueden ser considerados en esa dirección, pero para nada debe ser tomado eso como un desmerecimiento de los mismos, ya que fueron de los más importantes.

Según <http://www.monografias.com>.(2014), Sin embargo, como fue comentado antes, el error cometido por Euler fue despreciar los efectos de la viscosidad, es decir de la fricción interna del fluido, quizá influenciado por el modelo de fluido ideal. En particular la Hidrodinámica Clásica no era considerada de uso práctico por los ingenieros de entonces, a no ser incorporándole correcciones a través de factores. Por lo tanto todos los conocimientos desarrollados hasta entonces a través de los siglos, conformaban la rama de la Mecánica de Fluidos denominada Hidráulica. Esta englobó todos los conocimientos hasta ahí desarrollados en el manejo del agua en canales, ríos, sistemas de irrigación, etc., y en la medida que el desarrollo tecnológico exigía diseñar sistemas de conducción de fluidos y otros, la Hidráulica fue quien ocupó esos espacios. Sin embargo aun cuando sus

fórmulas permitían diseñar, sus ecuaciones o modelos matemáticos no conseguían explicar ciertos principios del movimiento de los fluidos. En contraste, mientras con la Hidrodinámica Clásica se conseguían explicar aspectos fundamentales, la misma no podía ser usada para el cálculo en ingeniería, a no ser usando coeficientes de corrección.

Lacalle, N. (2006), menciona que la más famosa de estas diferencias quedó registrada en la historia con el nombre de Paradoja de D'Alembert, como fue comentado anteriormente. Es decir cuando D'Alembert trataba de verificar sus cálculos experimentando con el flujo de aire sobre un cilindro, observaba que existía en realidad una fuerza de arrastre sobre el mismo, resultando para él en una paradoja que fue aclarada recién un siglo más tarde. En síntesis, más que dos ramas, existía una ruptura en la Mecánica de Fluidos. La Hidráulica con resultados prácticos pero con falencias en los fundamentos y la Hidrodinámica Clásica, explicando aspectos fundamentales pero fallando en los cálculos prácticos. Para explicar cómo termina esta historia, sin embargo, es necesario dar una rápida revisión de lo ocurrido con las ciencias en general en el siglo XVIII, con el nacimiento de la Termodinámica.

En ese siglo ocurrió un hito importantísimo en las ciencias en general, algo que Ilya Prigogine, nacido en Moscú en 1917 y Premio Nobel de Química en 1977 por sus contribuciones a la termodinámica del desequilibrio, llamó La Nueva Alianza. En síntesis dicho hito implicó el fin del optimismo determinista de Descartes y por lo tanto la reconsideración de la Mecánica Clásica, con el surgimiento de la Termodinámica. Fue la necesidad de generación de potencia a partir del carbón, que desató una corrida científico-tecnológica que derivó en el nacimiento de la tecnología del calor, con los nuevos conceptos de procesos irreversibles, fricción, imposibilidad de transformar toda la energía del calor en trabajo mecánico y así por delante. Todos estos avances científicos significaron una revolución, quizá una de las más importantes de los últimos siglos, dentro de la ciencia en general, quitándole preeminencia a la Física Clásica o Mecánica Newtoniana y por tanto al determinismo. Todas estas adaptaciones que sufrió la ciencia, con interpretaciones nuevas a la luz de la Termodinámica, fue denominada por Prigogine como una metamorfosis de las ciencias.

Vázquez, M. (2010), locuta que quizá un poco a destiempo, dentro de la Mecánica de Fluidos en particular también se vivió la reconsideración de la importancia de la fricción interna de los fluidos en movimiento, es decir la importancia de la viscosidad aún para los gases como el aire. La reconsideración que las ecuaciones propuestas por Euler eran sólo válidas para fluidos ideales, sin rozamientos. Esto llevó a una convergencia de la Hidrodinámica Clásica con la Hidráulica, siendo posible de ahí en más, explicar el origen de los coeficientes que se usaban en los cálculos. Algunos de los aportes notables en esta Nueva Alianza en los fluidos, fueron la teoría de la capa límite desarrollada por Prandtl (1905) y los realizados por Reynolds (1899) en Gran Bretaña, quien estudió en forma sistemática la importancia de las fuerzas viscosas en comparación con las de inercia en tuberías, entre muchas otras cosas. Con esto se puede dar por terminada esta reseña. Lo que resta de historia de la Mecánica de Fluidos del siglo XX, está casi todo relacionado con el problema de la turbulencia, el cual resulta ser el problema central sin resolución de Mecánica de Fluidos.

2. Fluido

Según <http://www.weltamiz.com/2012/08/02/mecanica-de-fluidos.com>.(2012), un fluido es un medio capaz de fluir, es decir, de cambiar de forma y adaptarse al recipiente que lo contiene. Esta propiedad la cumplen, en su definición ideal, los líquidos, los gases y los plasmas. Es lo que tienen en común, por mucho que se diferencien en otras cosas, y esta propiedad determina gran parte de su comportamiento en contraposición al de los sólidos.

Según <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Fluido>. (2013), se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas hay una fuerza de atracción débil. Los fluidos se caracterizan por cambiar de forma sin que existan fuerzas restitutivas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable). Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre si por fuerzas cohesivas débiles y/o las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas

varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propios. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases. Los fluidos están conformados por los líquidos y los gases, siendo los segundos mucho menos viscosos (casi fluidos ideales).

Según [http://www.monografias.com/trabajos85.\(2014\)](http://www.monografias.com/trabajos85.(2014)), se llamó fluido a cualquier sustancia que se pueda hacer escurrir mediante una aplicación apropiada de fuerzas. En términos generales, se pueden clasificar en líquidos y gases. Los líquidos son prácticamente incompresibles, por lo que se puede considerar que su volumen es constante, aunque su forma puede variar. Los gases son altamente compresibles, por lo que no tienen un volumen característico, sencillamente se expanden hasta llenar cualquier recipiente en que se les coloque. Todo fluido soporta fuerzas normales o perpendiculares a sus fronteras, sin que haya escurrimiento, y puede estar en equilibrio bajo la acción de una diversidad de fuerzas de este tipo. Sin embargo, un fluido no puede resistir la acción de una fuerza tangencial, ya que tan pronto como se ejerce este tipo de fuerza, el fluido responde deslizándose sobre sus fronteras, provocando el movimiento del fluido.

a. Fluidos Newtonianos

Según <http://chemicalinem.blogspot.com/2011/05/tipos-de-fluidos.html>. (2011), son los que tienen un comportamiento normal, como por ejemplo el agua, tiene muy poca viscosidad y esta no varía con ninguna fuerza que le sea aplicada, si le damos un golpe a la superficie del agua en una piscina esta se deforma como es lógico. A medida que aumenta la temperatura de un fluido líquido, disminuye su viscosidad. Esto quiere decir que la viscosidad es inversamente proporcional al aumento de la temperatura.

b. Fluido No Newtoniano

Según <http://chemicalinem.blogspot.com>. (2011), tienen un comportamiento extraño o fuera de lógica, este tipo de fluidos no cumplen con las leyes de Newton, presentan mayor viscosidad, la cual además puede variar con las tensiones (fuerzas) que se le aplican, lo que hace que se comporte en ocasiones como un sólido ante mayor fuerza y como un líquido con menos tensión aplicada. Estos fluidos se pueden caracterizar mejor mediante otras propiedades reológicas, propiedades que tienen que ver con la relación entre el esfuerzo y los tensores de tensiones bajo diferentes condiciones de flujo, tales como condiciones de esfuerzo cortante oscilatorio.

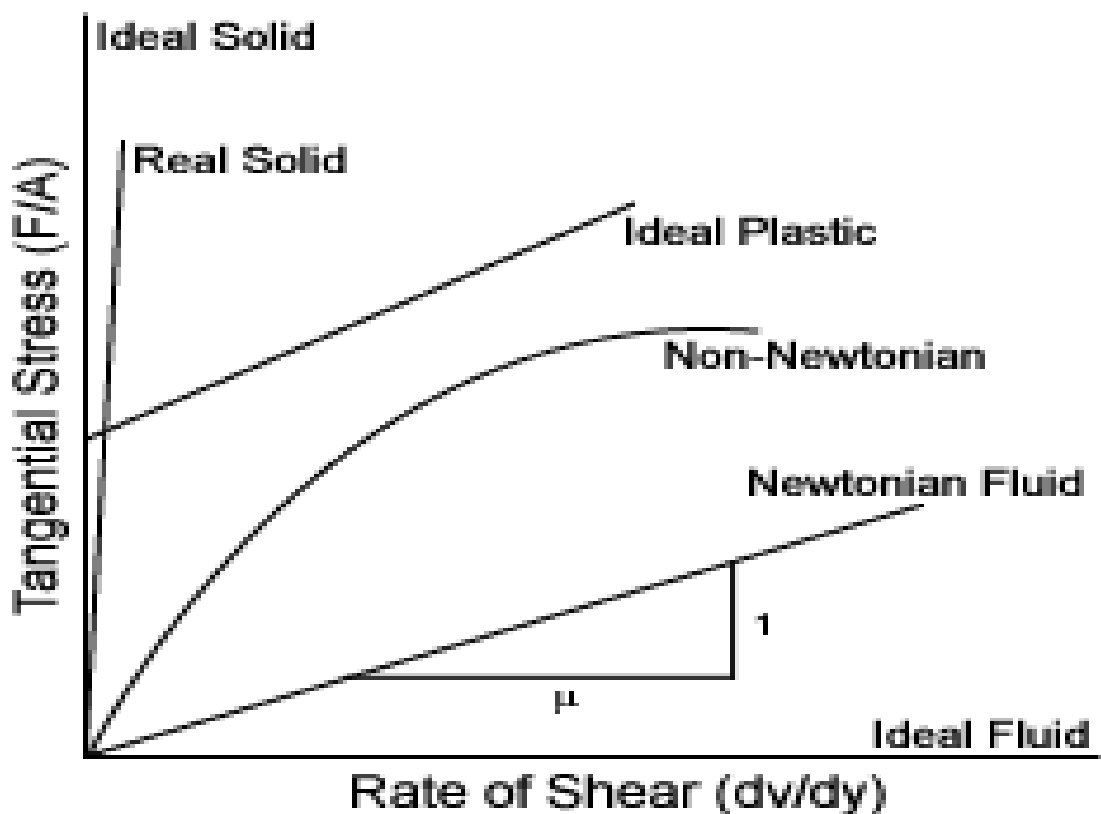


Gráfico 1. Comportamiento de los Fluidos Newtonianos y No Newtonianos

3. Propiedades de los fluidos

Según Fernández, B. (2004), los fluidos, como todos los materiales, tienen propiedades físicas que permiten caracterizar y cuantificar su comportamiento así

como distinguirlos de otros. Algunas de estas propiedades son exclusivas de los fluidos y otras son típicas de todas las sustancias. Características como la viscosidad, tensión superficial y presión de vapor solo se pueden definir en los líquidos y gases. Sin embargo la masa específica, el peso específico y la densidad son atributos de cualquier materia.

a. Viscosidad

Según <http://tplaboratorioquimico.blogspot.com>.(2013), la viscosidad es una medida de la resistencia de los líquidos a fluir. Cuanto más viscoso es un líquido, más lento es su flujo. La viscosidad de un líquido suele disminuir con el aumento en la temperatura, por esta razón la melaza caliente fluye más rápido que cuando está fría. Los líquidos con fuerzas intermoleculares fuertes son más viscosos que los que tienen fuerzas intermoleculares débiles. El agua tiene mayor viscosidad que muchos otros Líquidos por su capacidad para formar enlaces de hidrógeno. La viscosidad se advierte con el rozamiento que se registra entre las sucesivas capas de un fluido. Al arrastrar la superficie de un fluido, las capas inferiores se movilizan de manera más lenta que la superficie ya que son afectadas por la resistencia tangencial. La viscosidad, por lo tanto, se manifiesta en los fluidos en movimiento (donde las fuerzas tangenciales entran en acción). Cuando la viscosidad es muy grande, el rozamiento entre las capas adyacentes es pronunciado y el movimiento, por lo tanto, resulta débil.

b. Conductividad Térmica

Según <http://www.df.uba.ar/users/Conduct.pdf>. (2014), la conducción de calor en un medio puede ser más o menos favorable conforme al material que se analice. Esta característica del medio se denomina conductividad térmica. El calor es una forma de energía que puede estudiarse a través de la agitación térmica de las moléculas que constituyen un material. Cuando se entrega calor a un cuerpo, éste aumenta su temperatura, es decir, aumenta la movilidad de sus moléculas. Entonces, el sistema no se halla en equilibrio térmico: la temperatura en cada

punto del cuerpo es diferente y varía con el tiempo. Existen tres formas de transmisión del calor: conducción, convección y radiación. En la conducción, el calor se cede solamente a causa del movimiento molecular y los choques entre moléculas rápidas y lentas, sin desplazamiento global de la materia. En cambio, la convección se debe al movimiento global de la materia y sólo tiene importancia en líquidos y gases. Por último, la radiación es una interacción electromagnética entre cuerpos y no precisa de la existencia de un medio material para transmitir el calor de uno a otro.

Según <http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad>.(2013), la conductividad térmica es una propiedad de los materiales que valora la capacidad de transmitir el calor a través de ellos. Es elevada en metales y en general en cuerpos continuos, es baja en polímeros, y muy baja en algunos materiales especiales como la fibra de vidrio, que se denominan por ello aislantes térmicos. Para que exista conducción térmica hace falta una sustancia, de ahí que es nula en el vacío ideal, y muy baja en ambientes donde se ha practicado un vacío bajo.

c. Tensión superficial

Según <http://wwwfsz.ifas.ufl.edu/su>.(2014), la superficie de cualquier líquido se comporta como si sobre esta existe una membrana a tensión. A este fenómeno se le conoce como tensión superficial. La tensión superficial de un líquido está asociada a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área. La tensión superficial es causada por los efectos de las fuerzas intermoleculares que existen en la interfase. La tensión superficial depende de la naturaleza del líquido, del medio que le rodea y de la temperatura. Líquidos cuyas moléculas tengan fuerzas de atracción intermoleculares fuertes tendrán tensión superficial elevada. En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica. La influencia del medio exterior se debe a que las moléculas del medio ejercen acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, contrarrestando las acciones de las moléculas del líquido. Dado que las fuerzas intermoleculares de atracción entre moléculas de agua se deben a los

enlaces de hidrógeno y éstos representan una alta energía, la tensión superficial del agua es mayor que la de muchos otros líquidos.

d. Capilaridad

Según <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Capilaridad>.(2013), la capilaridad es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial la cual, a su vez, depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar. Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad. Sin embargo, cuando la cohesión entre las moléculas de un líquido es más potente que la adhesión al capilar, como el caso del mercurio, la tensión superficial hace que el líquido descienda a un nivel inferior y su superficie es convexa.

B. CONEXIONES Y ACCESORIOS

Según Martín, I. (2011), las conducciones que transportan un fluido de un punto a otro no pueden ser siempre rectas, y por tanto hacen falta dispositivos que unan tanto tramos rectos como que conduzcan el fluido a donde es necesario. Se presentan a continuación estos dispositivos.

1. Empalme de tuberías

Martín. I, (2011), reporta que los métodos más usuales para la unión de las secciones de los tubos son: conexión macho- hembra (roscado), conexión mediante bridas y soldadura. Las uniones roscadas son las más frecuentes en la industria, especialmente en tubería de pequeño diámetro, ya sea de acero, hierro

forjado, fundición, bronce o plástico. Las uniones soldadas se suelen reservar para tuberías de instalaciones que operan a presión o temperatura elevadas, y como norma, para todas las tuberías de diámetro superior a 2 pulgadas.

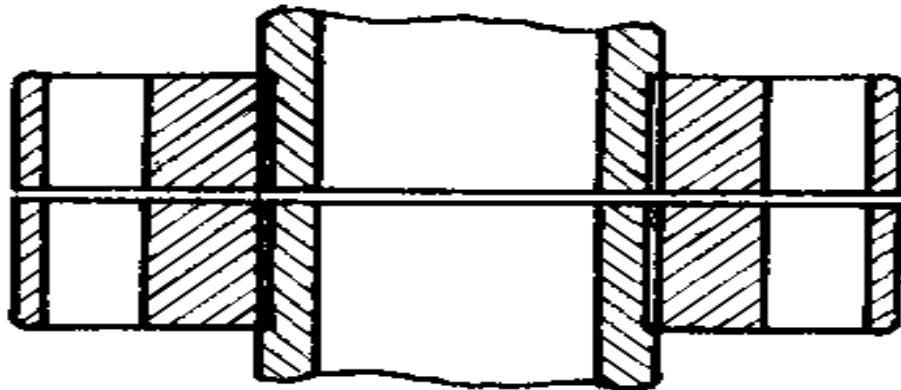


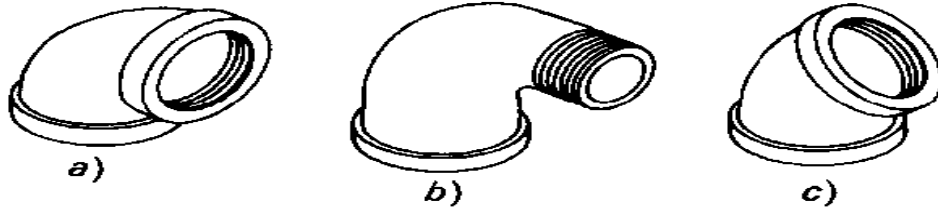
Gráfico 1. Unión de brida roscada

Font, R. (2011), indica que otra forma de unir los tubos, especialmente para instalaciones que han de resistir presiones elevadas, y al mismo tiempo tuberías que han de desmontarse con frecuencia, es la unión mediante bridas soldadas o roscadas a cada sección y unidas entre sí por sistemas tornillo- tuerca. Entre ambas bridas se coloca una junta de cierre de un material más blando que el de la tubería, que puede ser acero, caucho, amianto. etc.

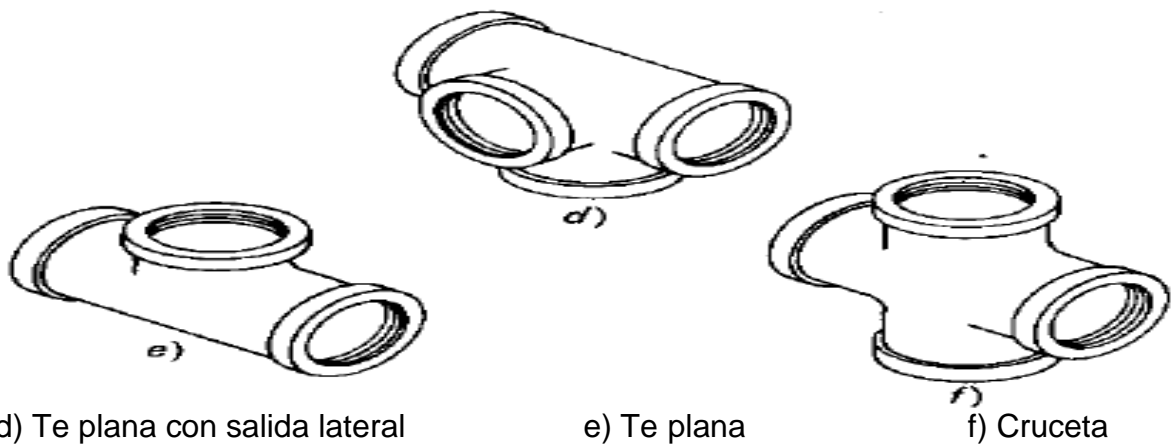
2. Accesorios de las conducciones

Martín. I, (2011), los fluidos que circulan por las conducciones, con frecuencia han de cambiar de dirección, sufrir estrechamientos, ensanchamientos, ramificaciones, etc. Para ello, existen accesorios de las conducciones de muy diversas clases, cuyos diámetros y roscas coinciden con los nominales de las tuberías comerciales. En general, las roscas pueden ser macho o hembra, pudiendo existir accesorios cuyas dos roscas presenten cualquier posible combinación: doble macho, macho-hembra, doble hembra. Los grupos de accesorios más importantes son los siguientes: Ramificaciones (tes y crucetas). Pueden tener tres o cuatro salidas, en un mismo plano o en planos diferentes.

También pueden tener alguna salida de tamaño diferente a las otras (ramificación con reducción. etc.). Se utilizan para separar una corriente en varias o para juntar dos corrientes en una tercera, etc.



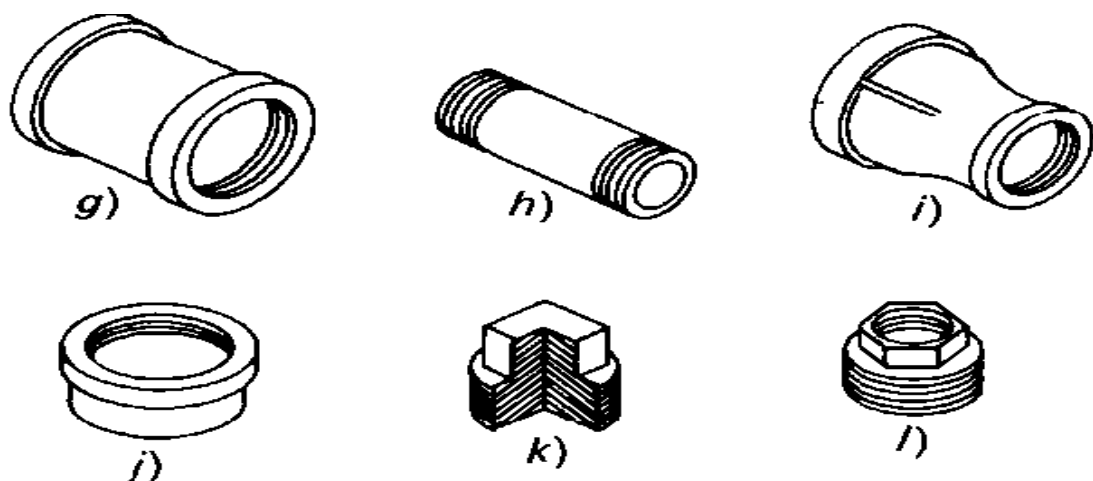
a) Codo de 90° b) Codo de 90° con reducción c) Codo de 45°



d) Te plana con salida lateral

e) Te plana

f) Cruceta



g) Manguito doble hembra h) Manguito doble macho i) Manguito m, h con reducción j) Tapón ciego hembra k) Tapón ciego macho l) Casquillo

Gráfico 3. Accesorios para tuberías roscadas.

- Tapones ciegos. Sirven para cerrar extremos de tuberías. Pueden ser macho o hembra, en caso de ser roscados. Si la unión a la tubería es mediante bridas, se denomina brida ciega.
- Codos. Son accesorios para cambiar de dirección la tubería. Se fabrican de 45 ó 90° con radios pequeño, medio o grande. Al igual que en las ramificaciones pueden darse codos con reducción simultánea. Tanto unos como otros presentan generalmente escasa pérdida de carga.
- Manguitos. Sirven para unir dos tramos rectos de tubería. Según sean las roscas de sus extremos pueden ser doble hembra, doble macho, macho-hembra y con reducción.
- Tapones ciegos. Sirven para cerrar extremos de tuberías. Pueden ser macho o hembra, en caso de ser roscados. Si la unión a la tubería es mediante bridas, se denomina brida ciega.
- Uniones con tuerca. La unión de dos tuberías fijas, que por tanto no pueden roscarse, puede efectuarse mediante una unión con tuerca. Consta de dos piezas roscadas que se unen a los extremos de cada tubería fija, y de una tercera pieza que se acopla también mediante rosca al conjunto, apretando las dos piezas anteriores, que proporcionan el cierre.

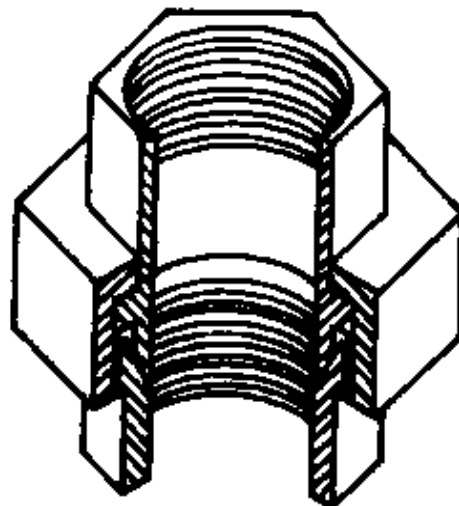


Gráfico 2. Unión con tuerca.

- Por último, y aunque no se trate propiamente de un accesorio, cabe citar los dispositivos para la expansión de tuberías. En efecto, en tuberías rectas sometidas a variaciones de temperatura. Las expansiones y contracciones térmicas del material que podrían someter a tensiones las válvulas y accesorios, se evitan por medio de curvas en forma de lira en la tubería, que se repiten periódicamente las veces necesarias. También se pueden utilizar juntas de expansión con empaquetadura, fuelles, o manguitos de metal flexible.

C. VÁLVULAS

Font.R (2011), menciona que las válvulas se pueden considerar como accesorios muy especiales, que sirven para regular o impedir la circulación del fluido por la conducción. Existen numerosos tipos de válvulas, según la finalidad a que se destinen, aunque de una forma general se pueden clasificar en dos grandes grupos: a) válvulas de corte de flujo (también llamadas "todo-nada") y b) válvulas de regulación. Las primeras se caracterizan por sus dos posiciones extremas de funcionamiento: totalmente abiertas o totalmente cerradas; aunque en ocasiones se pueda regular groseramente el caudal de fluido, no están diseñadas para ello. Las segundas, sin embargo, están diseñadas específicamente para poder regular el flujo, y son de accionamiento más lento que las anteriores. En el gráfico a continuación se muestra dos tipos diferentes de válvulas.



Gráfico 3. Válvulas de corte de flujo. **(a)**. Válvula de bola, **(b)**. Válvula de mariposa)



Gráfico 4. Válvulas de regulación. (**a.** Válvula de asiento, **b.** Válvula de diafragma)

D. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO PARA EL CURTIDO DE PIELES DE ESPECIES MENORES.

1. Construcción de un Sistema de Fluido Continuo

Agila, A. (2013), menciona que la construcción del Sistema de Fluido Continuo se basa en procesos manuales, empíricos realizados en curtiembres artesanales y a la experiencia de curtido de diferente tipos de pieles que por lo general se desarrollan hoy en día en bombos de madera y antiguamente o de forma no industrializada se realizaban en tachos, tinas con la ayuda de un palo para producir movimiento. Algunos estudios y experiencias de curtidores llegan a la conclusión que la agitación mecánica era la que disminuía la calidad del producto. Se pensó entonces en la posibilidad de que la piel para ser transformada en cuero no reciba demasiado maltrato como lo recibe por la acción mecánica que se producen en los bombos tradicionales. De esta manera se pudo analizar la factibilidad de construir un Sistema de Fluido Continuo para mejorar la efectividad en los procesos de curtido evitando la acción mecánica de los bombos que tienden a dañar las pieles pequeñas debido al grado de fragilidad para el curtido que presentan a diferencia de otras pieles. Es por esta razón que hemos considerado factible la construcción de un Sistema de Fluido Continuo , con materiales de fácil disponibilidad y anticorrosivos, para ello se utilizó un tanque ,

tuberías pvc, accesorios pvc y una bomba resistente a pH ácido. En base a un equipo ya implementado en la curtiembre el AL-CE que se tomó como referencia hemos tomado esta iniciativa de implementación de un Sistema de Fluido Continuo para obtener un excelente curtido de pieles pequeñas en el Laboratorio de Curtiembre de nuestra Facultad de Ciencias Pecuarias. En el gráfico a continuación presentamos el prototipo del Sistema a implementar.

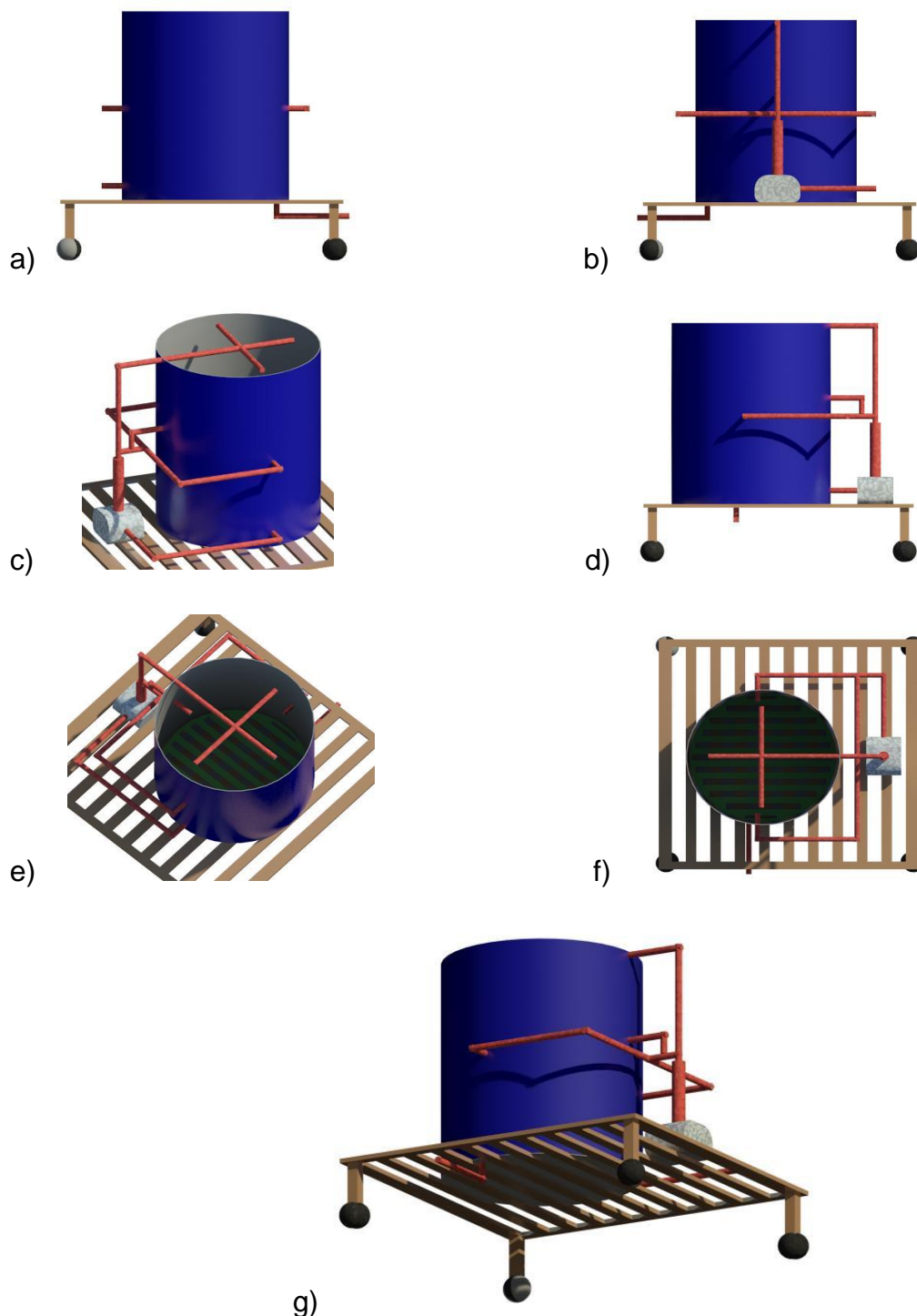


Gráfico 5. Diseño del Sistema de Fluido Continuo.

- a) Vista anterior del sistema
- b) Vista posterior del sistema
- c) Vista superior posterior del sistema
- d) Vista lateral del sistema
- e) Vista superior anterior del sistema
- f) Vista superior del sistema
- g) Vista inferior del sistema

2. Volumen del Cuero

Para la determinación del volumen del cuero se despejara de la ecuación de la densidad.

$$V_{\text{CUERO}} = \frac{m_{\text{cuero}}}{\rho_{\text{cuero}}}$$

Dónde:

V_{cuero} = Volumen del cuero.

m_{cuero} = masa total del cuero en el bombo determinado.

ρ_{cuero} = Densidad

3. Densidad del Cuero

Chavarrea, C. (2011), indica que la densidad del cuero puede obtenerse de forma indirecta y de forma directa. Para la obtención indirecta de la densidad, se mide la masa y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad. La masa se mide habitualmente con una balanza, mientras que el volumen puede medirse determinando la forma del objeto y midiendo las dimensiones apropiadas o mediante el desplazamiento de un líquido, entre otros métodos. Para el caso particular se usa el volumen desplazando y la masa de la muestra pesada en una balanza. Con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$\rho_{\text{cuero}} = m_{\text{cuero}} / V_{\text{cuero}}$$

Dónde:

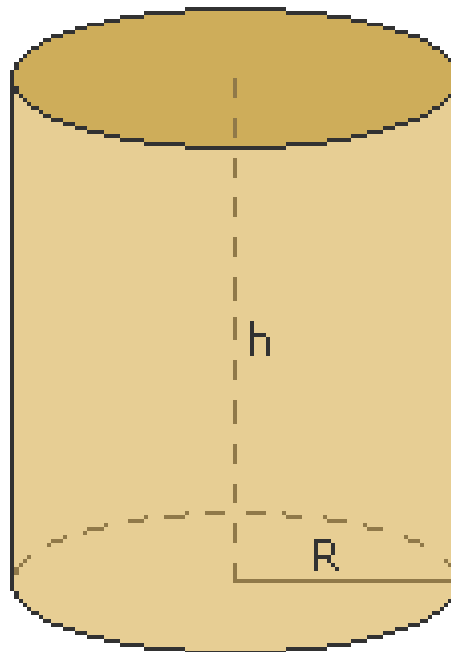
ρ_{cuero} : Densidad del Cuero

V_{cuero} = Volumen del cuero.

m_{cuero} = Masa total del Cuero en el bombo determinado.

4. Cálculo de la capacidad del Sistema de Fluido Continuo para curtición

Para calcular la capacidad del Sistema hay que determinar la capacidad de un cilindro con la siguiente fórmula:



$$V_{\text{cilindro}} = \pi * r^2 * h$$

Dónde:

V_{cilindro} = volumen del cilindro

r = radio del cilindro.

h = altura del cilindro.

5. Dimensionamiento de la bomba

- Ecuación De Bernoulli

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (H_2 - H_1) + h_f + h_m = H_t$$

- Caudal: para la física la palabra caudal (Q) significa la cantidad de líquido que pasa en un cierto tiempo. Concretamente, el caudal sería el volumen de líquido que circula dividido el tiempo.
- Cálculo del caudal : Se procederá a tomar las respectivas mediciones en todas las entradas de volúmenes en determinados tiempos, se halló el caudal total sumando cada uno de los caudales de las diferentes entradas descritos en el cuadro 1 a continuación, para esto finalmente se aplicó la fórmula

$$Q = V/t$$

Cuadro 1. CÁLCULO DEL CAUDAL

# de MEDICIÓN	VOLUMEN (l)	TIEMPO (s)
Ducha Ramal 1		
Ducha Ramal 2		
Ducha Ramal 3		
Entrada 1		
Entrada 2		
Entrada 3		
Total		

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dónde:

Q = Caudal

V = Volumen

t = Tiempo

- Cálculo de la velocidad del fluido

$$A = \pi r^2$$

- Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{Q}{A}$$

- Cálculo de las pérdidas por accesorios.

En el cuadro 2 a continuación se determinará la cantidad de accesorios y sus pérdidas.

Cuadro 2. ACCESORIOS UTILIZADOS

ACCESORIO	CANTIDAD	K
Codo PP 90°		
Tee doble PP		
Tee PP		
Salida de tanque		
Unión universal		
Reducción de tubería		

$$Hm = \sum k \frac{v^2}{2g}$$

Dónde:

Hm = pérdidas por accesorios.

v = viscosidad.

- **Cálculo de las pérdidas por fricción**

$$hf = f \frac{LV^2}{\emptyset 2g}$$

6. Cálculo del número de Reynolds

Cuando la velocidad de flujo de un fluido resulta que es suficientemente grande, se rompe el flujo laminar y se establece la turbulencia. La velocidad crítica por encima de la cual el flujo a través de un tubo resulta turbulenta depende de la densidad y de la viscosidad del fluido y del radio del tubo. El flujo de un fluido puede caracterizarse mediante un número adimensional al que denominamos número de Reynolds

$$NRe = \frac{v\rho\emptyset}{\mu} g$$

Se observa que cuando:

Número de Reynolds < 2000 = el flujo es laminar

Número de Reynolds > 3000 = el flujo es turbulento

7. Cálculo de la rugosidad relativa

$$RR = \frac{s}{\emptyset}$$

8. Cálculo del factor de fricción

Con NRe y la RR calculamos en el diagrama de MOODY

$f = 0,022$

Con los datos obtenidos reemplazamos en la ecuación para calcular las pérdidas por fricción

$$hf = f \frac{LV^2}{\phi 2g}$$

Con los datos obtenidos reemplazamos en la ecuación de Bernoulli.

$$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (H_2 - H_1) + h_f + h_m = H_t$$

- **Cálculo de la potencia de la bomba**

$$HP = \frac{wh}{75 \eta}$$

9. Cálculo del flujo másico

$$W = \rho * Q$$

Si reemplazamos en la ecuación anterior se tiene :

$$HP = \frac{wh}{75 \eta}$$

Por disponibilidad en el mercado hemos decidido una bomba de 1 Hp.

D. LA PIEL

Según <http://biblioteca.sena.edu.com>.(2014), la piel es un tegumento natural que cubre el cuerpo y constituye el límite entre el organismo y el ambiente exterior,

ejerciendo funciones muy importantes de protección del organismo contra sus efectos desfavorables. Es una parte inseparable del organismo y desempeña papel importante en los procesos de:

- Regulación térmica.
- Metabolismo
- Eliminación de los productos residuales del organismo.

Hidalgo, L.(2004), expone que siendo la piel la materia prima para la producción del cuero, es necesario tener algunos conocimientos acerca de ella. Recuérdese que una parte la removemos durante la producción y otra es utilizada para el cuero final. La Histología de la piel nos proporciona estos conocimientos. Aunque las pieles de distintos animales a primera vista se ven diferentes, un examen más a fondo muestra que las pieles de todos los mamíferos son iguales; sin embargo, para el curtidor es de importancia conocer algunas diferencias según la especie, raza, etc., para poder darles un tratamiento apropiado.

1. Estructura de la piel

Según <http://wwwbiblioteca.sena.edu.com>.(2014), la piel tiene tres capas:

- Epidermis, que es la capa superior.
- Cutis o dermis, que es la que se utiliza para producir el cuero.
- Sub-cutis, que es la parte interior.

2. Pieles de reptiles

Según Hidalgo, L (2004), los reptiles son animales de sangre fría y sus pieles no tienen función termostática alguna, estando desprovistas de pelos y de glándulas sebáceas. Las escamas cumplen en los reptiles las funciones de los pe los en los animales de sangre caliente. Las pieles de cocodrilo, caimán, lagarto y serpiente

dan curtidos muy atractivos y duraderos, pero resulta bastante difícil obtener cueros crudos en perfectas condiciones para el curtido, pues llegan a la industria con tajos, marcas de cortes y peladuras, excesivamente desecados por una prolongada exposición al sol, muy dañados por una inadecuada extensión aún por la acción de gorgojos después de secas las pieles.

3. Pieles de peces

Artigas, M. (2007), manifiesta que los peces presentan una estructura de piel totalmente diferente y en el caso de las pieles de tiburón, las escamas son muy pequeñas con una capa inerte exterior destinada a conferir una mayor protección.

4. Pieles de animales marinos

Según <http://www.inese.es>(2014), 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 piel 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.

Frankel, A. (2009), afirma que los peces presentan una estructura de piel totalmente diferente y en el caso de las pieles de tiburón, las escamas son muy pequeñas con una capa inerte exterior destinada a conferir una mayor protección.

Tiene 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 piel 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. Las características de las pieles de pescado que no contenga carne, sin rotura por un mal fileteado o descarnado y lo más grande y entera posible. reporta que la piel de todos los peces, al igual que los vertebrados, está compuesta también por dos capas importantes: la epidermis y la dermis o coriúm.

E. LA CURTICIÓN DEL CUERO

Según [http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero\(2014\)](http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero(2014)), la curtición es un proceso que pretende estabilizar las propiedades de la piel del animal sin que sufra cambios naturales de descomposición y putrefacción. Las pieles que se usan en un calzado o que son procesadas en la curtición son generalmente de vacuno o caprino. También se usa para forros ganado caballar o porcino. La curtición mantiene las propiedades más deseadas de la piel: resistencia al desgaste, a la humedad, flexibilidad y aspecto exterior agradable al tacto y a la vista. La piel tratada por curtición rara vez produce intolerancias de tipo alérgico. De ocurrir estas alergias suele ser a causa de los tintes que se usan en las pieles ya curtidas.

1. Operación del remojo

Según [http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero\(2014\)](http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero(2014)), el remojo es la primera operación a que se someten las pieles en la fabricación y consiste en tratarlas con agua dentro de una tina, molineta o bombo. El objetivo del remojo es

limpiar las pieles de todas las materias extrañas y devolverlas al estado de hidratación que tenían cuando eran pieles frescas. La complejidad de la operación de remojo depende fundamentalmente del método de conservación. Las pieles frescas no necesitan un remojo propiamente dicho, sino más bien un lavado a fondo para limpiar la piel, eliminando la sangre, linfa y excrementos. En el caso de las pieles saladas además de limpiarlas deberemos eliminar la mayor parte de la sal común y devolver a la piel su estado original de hidratación. La operación es bastante simple ya que al disolverse la sal que existe entre las fibras, se facilita la entrada del agua. El proceso de humectación de una piel seca es tanto más difícil cuanto más gruesa es la piel y mayor fue la temperatura de secado. Los problemas de remojo de las pieles ovinas son mayores por la presencia de la elevada cantidad de grasa que contiene este tipo de pieles.

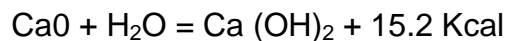
2. Pelambre y Calero

Frankel, A. (2009), menciona que la piel debidamente hidratada, limpia y con parte de sus proteínas eliminadas en el remojo, pasa a las operaciones de apelambrado, cuya doble misión radica en eliminar del corium la epidermis con el pelo o la lana y producir un aflojamiento de la estructura fibrosa del colágeno con el fin de prepararla adecuadamente para los procesos de curtición. el depilado de la piel puede efectuarse de múltiples maneras, que pueden agruparse en procedimientos químicos y procedimientos enzimáticos. En los procedimientos químicos se emplean principalmente productos que en solución acuosa suministran iones OH^- o SH^- . En otras variantes de depilado químico se emplean amoníaco, aminas, sustancias reductoras, productos hidrotrópicos, ácidos, etc., pero son de poca significación para la práctica de fabricación de curtidos.

Para <http://www.cueroamerica.com>.(2014) En los procedimientos enzimáticos se hace una distinción entre los métodos llamados de resultado, en los que las pieles se dejan en cámaras a temperatura y humedad controladas bajo la acción de los microorganismos y los métodos de depilado enzimático propiamente dicho, en los que se trabajan con preparados enzimáticos debidamente dosificados.

a. Pelambres de cal

Hidalgo, L (2004), reporta que los pelambres de cal, comúnmente conocidos por el nombre de caleros, se preparan con cal apagada o con hidróxido cálcico en polvo. El apagado de la cal se efectúa por tratamiento de la cal viva con agua, según la siguiente reacción exotérmica.



El hidróxido cálcico es muy soluble (1.29 g / l a 20 °C) y los baños se preparan con un exceso de cal (unos 10 g / l), lo que sedimenta en los depósitos con ellos se dispone de una reserva de hidróxido cálcico para asegurar la saturación del baño. En la práctica de la industria de los curtidos se observa un distinto comportamiento de las diferentes clases de cal, sobre todo entre la cal recientemente apagada y el hidróxido cálcico en polvo. En el caso de baños preparados con hidróxido cálcico en polvo la velocidad de sedimentación, por ser las partículas de mayor magnitud, es mayor que cuando se preparan los caleros con cal recientemente apagada. Saturación del baño y únicamente en este sentido puede haber un diferente comportamiento entre las distintas clases de cal. las adiciones de sal, hidróxido sódico, y acetato sódico, aceleran la sedimentación de las partículas de cal, mientras que el nitrato cálcico, cloruro cálcico y amoniaco la retardan. El aflojamiento del pelo se debe a los iones OH^- del baño de apelambrado; se considera que únicamente puede lograrse un depilado eficiente si el pH del baño es de 11 como mínimo, (Hidalgo, L. 2004).

3. Depilado, descarnado y dividido

a. Depilado

El mismo Hidalgo, L. (2004), menciona que puesto que el objetivo principal de los trabajos de ribera es de eliminar del corium aquellos elementos que le acompañan en la piel en bruto y que no son adecuados para su transformación en cuero, se

produce la eliminación de los mismos después de un aflojamiento en productos químicos o enzimáticos. La separación de la epidermis con el pelo o lana y del tejido conjuntivo subcutáneo con los tejidos adiposos que le acompañan tiene lugar en las operaciones de depilado o deslanado y de descamado respectivamente. El depilado sobra, en general, en aquellos casos en que la piel se ha apelambrado en bombo o tina con molineta, empleando baños con elevada concentración de sulfuro, por la acción mecánica, junto con un lavado posterior con agua, son suficientes para separar el pelo de la piel en tripa.

Según <http://www.clariant.com>.(2014), el depilado o deslanado por vía mecánica es indispensable cuando se trabajan por embadurnado, resudado, procedimiento enzimático por apelambrado en tina sin acción mecánica o empleo de soluciones de moderada concentración. En estos casos se benefician el pelo o la lana como subproducto de los trabajos de ribera. Puede depilarse a mano con ayuda de la cuchilla o hierro de depilar de borde romo, aplicados sobre la piel extendida encima de un caballete semicircular, inclinado y forrado con material elástico. De mucho mayor rendimiento es el depilado a máquina. prácticamente todas, las máquinas de depilar se basan en el mismo principio, los pelos son separados de la piel extendida, mediante un cilindro rotatorio de cuchillas de romas dispuestas en un espiral, el cual puede desplazarse o permanecer fijo en su posición. Después del depilado es conveniente efectuar un lavado con agua, una adición de ácido para neutralizar su alcalinidad, en el caso de haber efectuado el aflojamiento capilar.

b. Descarnado

Según <http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero>.(2014), el principal objetivo de esta operación es la limpieza de la piel eliminando el tejido subcutáneo y adiposo. Dichos tejidos deben quitarse en las primeras etapas de fabricación, con el fin de facilitar la penetración de los productos químicos aplicados en fases posteriores y tener un espesor de lo más regular posible para la adecuada realización de las operaciones que le siguen. El estado de la piel más adecuado para la realización del descarnado es con la piel en tripa, debido al grosor y

consistencia que posee la piel en tripa. La operación de descarnar la piel también puede efectuarse en la fase de remojo cuando se trata de pieles muy grasientas; al inicio de la operación con pieles saladas y bacía la mitad o el final si las pieles se van conservado por secado. La operación de descarnado realizada en la fase de remojo se llama graminado. La piel para poderla descamar tiene que tener una consistencia análoga a la de una piel en tripa, para evitar tensiones excesivas sobre la estructura fibrosa. El descarnado de la piel puede realizarse, manualmente mediante la cuchilla de descarnar, pero es una operación lenta, pesada y que necesita una mano de obra especializada. Este es el mejor sistema de obtener una piel bien descarnada, pero en la práctica se realiza con el empleo de la máquina adecuada.

c. Dividido

Según [http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero.\(2014\)](http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero.(2014)), la operación de dividido se realiza introduciendo la piel por la culata tanto si se trata de pieles enteras como de hojas o crupones. El estado de la piel para ser dividido es tradicionalmente en estado de tripa descarnada. Puede realizarse no obstante empleando máquinas más modernas después de curtir al cromo y aunque menos frecuentemente en pieles piqueladas, pieles en bruto y pides secas. El realizarlo en uno u otro estado de la piel tiene sus ventajas e inconvenientes. El dividido en tripa tiene como ventajas que se obtiene un lado de flor más delgado que la piel de que procede y será más fácil realizar las operaciones químicas que siguen al mejorar la penetración de los productos. De esta forma se consigue una mejor calidad del cuero terminado y mayor pie taje al existir una menor tendencia al encogimiento en la curtición. El recorte del cerraje se valora al poderse emplear para la obtención de gelatina. Existe la posibilidad de tratar a partir de este momento el cuero y el cerraje de forma distintas obteniéndose una mayor flexibilidad en la fabricación. No se consume cromo en la parte del cerraje, que será recorte con poco valor al dividir en cromo.

4. Desencalado

Hidalgo, L. (2004), reporta que el desencalado es la operación que sirve para eliminar la cal y productos alcalinos del interior del cuero, y por lo tanto la eliminación del hinchamiento alcalino de la piel apelambrada. Es conveniente en esta operación una elevación de la temperatura para reducir la resistencia que las fibras hinchadas, oponen a la tensión natural del tejido fibroso, esto hace que disminuya suficientemente la histéresis del hinchamiento. El des hinchamiento se logra por la acción conjunta de la neutralización aumento de temperatura y efecto mecánico. La cal durante el apelambrado y calero se encuentra combinada con la piel de distintas formas; combinada por enlace salino con los grupos carboxílicos del colágeno, disuelta en los líquidos que ocupan los espacios interfibrilares, depositada en forma de lodos sobre las fibras y en forma de jabones cálcicos formados por saponificación de grasas. Para eliminar esta cal, una parte se hace con los lavados previos al desencalado de la piel en tripa. Se elimina la cal que está depositada sobre las fibras y la disuelta en los líquidos interfibrilares. Si intentásemos hacer un lavado de 3- 4 horas veríamos que el agua residual del baño de lavado ya no contiene hidróxido cálcico. Para eliminar la cal combinada con los grupos carboxílicos del colágeno es necesario el empleo de agentes desecancalantes. Estos agentes suelen ser ácidos o bien sales amónicas. Es muy conveniente usar un agente desencalante que al combinarse con los productos alcalinos de la piel apelambrada, de productos solubles en agua, ya que de esta manera se podrán eliminar por simple lavado, y que no contengan efecto de hinchamiento o poder liotrópico sobre el colágeno.

5. Rendido

Según http://www.gea.com.uy/curtiembres_1.php.(2014), 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 desencalantes (cloruro de amonio). El rendido se puede realizar en los mismos recipientes de encalado o en

uno distinto. El objeto del rendido es lograr por medio de enzimas proteolíticas un aflojamiento de la estructura del colágeno, al mismo tiempo que se produce una limpieza de la piel del resto de la epidermis, pelo y grasa como efecto secundario. La acción de las enzimas proteolíticas sobre el colágeno, consiste en una degradación interna de las fibras colagenicas sin producirse productos de solubilización. Está degradación debilita de tal forma la resistencia de la estructura que elimina prácticamente la histerisis del hinchamiento. Es muy importante el rendido en aquellos artículos que deben ser de un tacto blando y suave, con capa de flor fina y sedosa, ya que no es suficiente el aflojamiento estructural logrado por el apelmbrado y desencalado. Durante el rendido no se elimina ni elastina, ni el músculo erector del pelo sufriendo sólo una ligera degradación.

6. Piquel

Según http://www.gea.com.uy/curtiembres_1.php.(2014), puede considerarse como un elemento del desencalado e interrupción definitiva del efecto enzimático del rendido; además se prepara la piel para la posterior operación de curtición mineral. En las operaciones de desencalado y rendido no se elimina toda la cal que la piel absorbe en el pelambre y calero. La operación del piquelado es muy importante, en lo que respecta a la operación posterior de curtición, ya que si la piel no estuviera piquelada el pH sería elevado y las sales del agente curtiente mineral adquirirán una elevada basicidad reaccionando rápidamente las fibras de colágeno. En el piquelado se produce, también el ataque químico de las membranas de las células grasas, especialmente en piel muy grasienta, tipo lanar. Para este tipo de pieles es recomendable, hacer un piquel muy ácido y posteriormente desengrasar. La piel piquelada presenta un hinchamiento menor que el de la piel en tripa procedente del rendido y del desencalado. Como resultado de esta deshidratación, la piel adquiere estado húmedo el tacto de una piel curtida, y después de secar no nos da un material traslucido y corneo como ocurre con la piel en tripa sin piquelar, sino un producto blanco, opaco y suave y muy parecido al que, se obtiene por curtición al alumbre.

7. Curticiones con productos orgánicos

Según [\(http://wwwcalzadoumh2010.files.wordpress.com\)](http://wwwcalzadoumh2010.files.wordpress.com).(2014), la curtición vegetal es una de las técnicas más antiguas utilizadas por el hombre. Los curtientes vegetales o taninos son producidos por diversas plantas, árboles y hongos. Entre las más utilizadas se encuentran los extractos de quebracho, pino, mimosa y castaño. Los taninos vegetales son solubles al agua, dan colores marrones y son responsables del típico olor del cuero. La entrada de los taninos hacia el interior de la piel es una operación lenta que puede durar semanas o meses cuando se realiza en tintas estáticas. Este proceso puede acelerarse utilizando la acción mecánica del bombo para facilitar la penetración de los taninos. Debido a que los taninos son productos naturales, aparecen variaciones en su composición dependiendo de las materias primas empleadas. Así, para conseguir una estructura molecular más uniforme, se empezaron a utilizar taninos sintéticos (Sintanes) que permiten obtener cueros con unas características más concretas.

Según [\(http://WWWcalzadoumh2010.files.wordpress.com\)](http://WWWcalzadoumh2010.files.wordpress.com).(2014), los curtientes vegetales se utilizan para la fabricación de cueros para suelas, arreos, sillas de montar, cinturones, encuadernaciones, etc. Los extractos vegetales, sintanes y resinas se utilizan mucho en recurticiones o precurticiones para rellenar las partes blandas y de poca consistencia de las pieles curtidas al cromo. Las pieles con curtición vegetal alcanzan temperaturas de contracción de alrededor de los 75°C. bajo esta denominación hemos incluido las curticiones realizadas con productos orgánicos tales como son los numerosos extractos vegetales y sintanes, diversos adheridos y quinoas, así como las parafinas sulfocloradas y múltiples resinas. En cuanto a la importancia económica la curtición con extractos vegetales es la más importante de todas ellas, se utiliza como una curtición única y proporciona un tipo de cuero con identidad de propia. La curtición al aceite, sola o bien aplicada conjuntamente con aldehídos o parafina sulfocloradas en el tratamiento de pieles de cordero desflorada permite fabricar pieles para gamuza. Este tipo de pieles presenta como característica su elevada absorción de agua, lo cual las hace útiles para la limpieza.

8. Curtición con productos inorgánicos

Según [\(http://wwwcalzadomh2010.files.wordpress.com\)](http://wwwcalzadomh2010.files.wordpress.com), (2014), normalmente se utilizan las sales de cromo, aluminio, circonio, silicio, titanio, etc. Una característica importante de las pieles curtidas al cromo es que presentan una temperatura de contracción alrededor de los 100°C. Un cuero curtido al cromo seco contiene alrededor del 4% de óxido de cromo, mientras que un cuero de curtición vegetal puede llegar a contener entre un 40-50% de extracto vegetal. Los cueros al cromo presentan una estructura fibrosa de gran resistencia a la tracción y al desgarramiento, al mismo tiempo que son suaves y flexibles. En la curtición con productos inorgánicos, a parte de las sales de cromo cuya acción curtiente es muy notoria, tienen aplicación industrial las curticiones con sales de aluminio y circonio, los tratamientos con sales de sílice y con polifosfatos. En que otras sales tales como las de cobre, vanadio, zinc, mercurio. Cloro, cobalto, estaño, plomo y plata tienen un cierto efecto curtiente sobre la piel, pero no han encontrado aplicación industrial.

9. Neutralizado del cuero al cromo

Frankel, A. (2009), si se seca el cuero al cromo sin haberlo previamente neutralizado, al ponerlo en contacto con diversos metales, durante largos periodos de tiempo y en condiciones desfavorables de humedad y temperaturas elevadas se observa que provoca una corrosión del metal. Está en parte se debe a la acidez al cromo sin neutralizar y la presencia de sales concretamente el cloruro sódico es un producto muy agresivo. Al coser cuero al cromo sin neutralizar con hilos de algodón o lino y dejarlos un tiempo largo se pueden presentar problemas de que los hilos se deterioran. Si el cuero no está neutralizado y se pone en contacto con la piel humana, puede producirse irritación en la zona de contacto.

10. Recurtición del cuero al cromo

Hidalgo, L. (2004), reporta que es el tratamiento de dicho cuero con uno o más productos, en determinados fases de la fabricación con el objeto de obtener unas

cualidades del cuero terminado, que no son fácilmente obtenidas con una sola curtición al cromo. La variedad de productos existentes para la recurtición hace casi imposible estudiarlos uno por uno. Para simplificar su estudio podemos agrupar de la siguiente forma:

- Productos catiónicos tipos sales mecánicas; sales de cromo, aluminio, circonio, órgano-cromo y órgano aluminio.
- Productos aniónicos tipo extracto vegetales: mimosa, quebracho, castaña, gambier con zumaque; productos sintéticos, productos y mezclas mixtas.
- Resinas aniónicas, catiónicas, anfóteras, prepolimerizados, polimerizados, monoméricas. de base úrea, melaminas y acrílicas.
- Recurtientes varios, como el silicato, los aldehídos, polifosfatos, azufre, aceites curtientes y rellenanates de varios tipos.

Según Hidalgo, L. (2004), las fases de fabricación donde se pueden utilizar los productos recurtientes son varios y su empleo depende del producto. Las principales son: Como precurtición antes, después o durante el piquel, en algunos casos junto con el cromo como curtición mixta; después de la curtición al cromo; antes, después o en lugar de la neutralización; en tintura, en general se añaden después del colorante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias en la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ubicada en la provincia de Chimborazo, en el cantón Riobamba. La prueba de funcionamiento del Sistema de Fluido Continuo se realizó al finalizar la construcción e instalación del equipo en el respectivo Laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

Por ser un trabajo de tipo descriptivo no se consideran unidades experimentales, ni un diseño estadístico; únicamente, se evaluó las pruebas piloto del Sistema de Fluido Continuo con curtición de pieles de animales menores

C. MATERIALES, EQUIPOS, E INSTALACIONES

1. Materiales

- Tanque
- Tubos PP (polipropileno)
- Codos PP 90°
- Codos PP 45°
- Tee PP
- Tee Doble PP
- Tapones hembra PP
- Válvula de bola compacta
- Uniones Universales
- Unión Reductora

- Adaptadores para tanque
- Soldaduras para tuberías y accesorios PP
- Material eléctrico
- Filtro
- Tarraja
- Sierra
- Prensa
- Cortadora de tubo

2. Equipo

- Bomba

3. Instalaciones

- Laboratorio de curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente proyecto no se dispuso de tratamientos experimentales, por tanto respondió al estudio de un diseño de procesos para la construcción y evaluación del Sistema de Fluido Continuo para el Laboratorio de Curtición de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias, el mismo que permitió establecer un mejor resultado en el proceso de curtido de pieles menores. Sin embargo una vez instalado el equipo se realizó una prueba piloto para verificar el funcionamiento correcto del equipo, se utilizó 5 pieles de especies menores, que se consideran como fuente de variación, los resultados registrados respondieron a una recopilación de muestras sistematizadas, en tal virtud se utilizó estadística descriptiva.

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

- Tiempo curtido al alumbre (horas)

- Resistencia a la Tensión (N/cm²)
- Temperatura de encogimiento (°C)
- Porcentaje de Elongación (%)
- Suavidad (ptos)
- Blandura (ptos)

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Se realizó una separación de medias utilizando la prueba T´student las estadísticas descriptivas reportadas fueron:

- Moda
- Media
- Mediana
- Rangos

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

- Evaluación de la Planta de Curtiembre: Se realizó la evaluación con el fin de determinar el área donde fue colocado y el espacio que ocupó el Sistema de Fluido Continuo.
- Diseño del Sistema de Fluido Continuo: Se diseñó el Sistema de Fluido Continuo de acuerdo a los requerimientos que necesitan las pieles de especies menores como conejos, cuyes, anfibios y peces al momento del curtido.
- Adquisición de materiales para construcción del Sistema de Fluido Continuo: Se procedió a la adquisición de materiales de alta resistencia a la corrosión, formados principalmente de polietileno y polipropileno.

- Construcción del Sistema de Fluido Continuo: Se construyó el Sistema de Fluido Continuo con materiales de alta resistencia a la corrosión.
- Instalación del Sistema de Fluido Continuo: Se instaló el Sistema de Fluido Continuo y se realizó los diferentes cálculos y ajustes del equipo para su óptimo funcionamiento en el Laboratorio de Curtición de la Facultad de Ciencias Pecuarias.
- Evaluación del Sistema de Fluido Continuo: Se realizó la evaluación para comprobar el funcionamiento correcto del Sistema de Fluido Continuo; a través, de un proceso de curtido.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Tiempo de curtición al alumbre (horas)

El tiempo de curtición al alumbre se determinó a través de la curtición y el monitoreo, de las horas que dura el proceso de curtido de un lote de pieles de las cuales se tomó una muestra y se determinó el número de horas utilizada en el proceso.

2. Resistencia a la Tensión

Para el cálculo de la resistencia a la tensión de las pieles de conejo de realizará el siguiente procedimiento:

- Se doblara la probeta y se sujetara en cada orilla para mantenerla en posición doblada en una maquina diseñada para flexionar la probeta.
- Posteriormente se utilizara una pinza que debere estar fija y la otra se moverá hacia atrás y hacia delante ocasionando que el dobles en la probeta se extienda a lo largo de esta.

- Luego la probeta se deberá examinar periódicamente para valorar el daño que se esta produciendo en la probeta de cuero, se deberá tomar en cuenta que las probetas que se preparan para este tipo de ensayo son rectángulos de 70 x 40 ml.
- Finalmente se medirá el grado de daño que se produce en la piel de conejo en relación a 20.000 flexiones aplicadas al material de prueba

3. Temperatura de encogimiento

Este ensayo se puede utilizar en cualquier tipo de cuero cuya temperatura de contracción sea inferior a 100°C. Si una tira de cuero se calienta en agua, tiene lugar una súbita contracción a una temperatura que es característica de la curtición. Esta temperatura se denomina temperatura de contracción o encogimiento.

4. Porcentaje de Elongación

Para la determinación del porcentaje de elongación se llevó las probetas de cuero al Laboratorio de Resistencias Físicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica donde se utilizó el siguiente procedimiento

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

- La resistencia a la elongación se expresó en términos relativos, como el cociente entre la fuerza máxima y el grosor de la probeta, en Newtons/mm, aunque a efectos prácticos es más útil la expresión de la fuerza en términos absolutos, Newtons/cm².

5. Suavidad

La suavidad del cuero fue evaluada por medio del sentido del tacto para lo cual se sujetó con las dos manos y se procedió a estirarlo hasta un punto que se considera total y por ende se calificó el grado de elasticidad y fue llevado este estiramiento a una calificación que fue de 1 a 5 en el cual la mayor puntuación la consiguió el cuero que logro mayor suavidad sin provocar deformación o ruptura y valores más bajos fueron determinados en el cuero que acartonados y duros.

6. Blandura

La medición de la blandura del cuero se la realizo sensorialmente es decir el juez calificador tomo entre las yemas de sus dedos el cuero y realizando varias torsiones por toda la superficie tanto en el lomo como en las faldas determinó la suavidad y caída del cuero y se lo calificó en una escala que fue 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 son sinónimos de menor suavidad.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FLUJO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.

1. Determinación del volumen del cuero

Para determinar el volumen de las pieles menores en crudo se utiliza la siguiente igualdad matemática:

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

Dónde:

V= volumen de la piel

m=masa de la piel

ρ =densidad de la piel

Aplicando el valor de la densidad del cuero determinada por Chavarrea, C. (2011), cuyo valor es de 870 kg/m^3 , se obtiene:

$$V = \frac{0,5 \text{ kg}}{870 \text{ kg/m}^3}$$

$$V = 5,74 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ o } 0,57 \text{ l}$$

2. Cálculo del volumen del contenedor

Para determinar el volumen del que consta el contenedor se asume que la forma del mismo es un cilindro perfecto y se evalúa la capacidad del mismo partiendo de la siguiente ecuación:

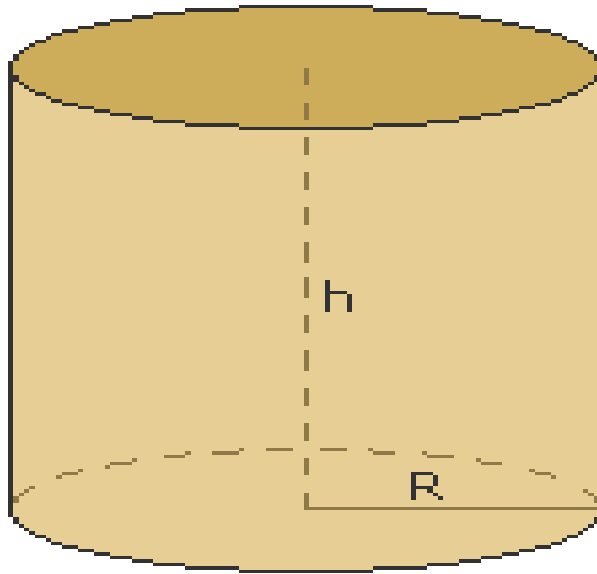


Gráfico 8. Nomenclatura para el cálculo del volumen de un cilindro.

$$V_{con} = \pi * R^2 * h$$

Dónde:

V_{con} = volumen del contenedor de procesamiento de las pieles.

R = radio del contenedor.

h = altura del contenedor.

Previamente al cálculo del volumen se debió determinar el radio del contenedor por medio de la siguiente expresión matemática:

$$R = \frac{D}{2}$$

Dónde:

R = radio del contenedor de procesamiento de las pieles.

D = diámetro del contenedor de procesamiento.

$$R = \frac{1,12m}{2}$$

$$R = 0,56m$$

Conociendo las dimensiones del recipiente denotadas en el Gráfico 9, se procedió por medio de despejes y remplazos a encontrar el volumen del contenedor.

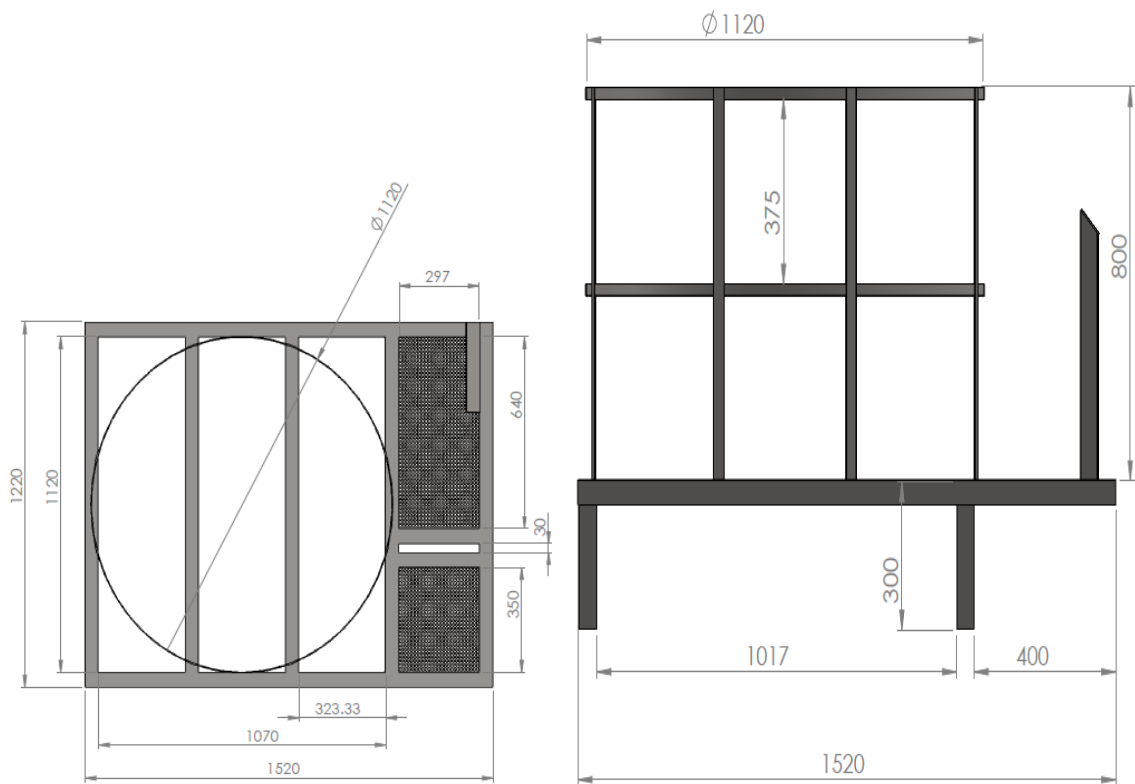


Gráfico 9. Dimensiones del contenedor de procesamiento de las pieles.

$$V_{con} = \pi * (0,56m)^2 * 0,8m$$

$$V_{con} = 3,1416 * 0,3136m^2 * 0,8m$$

$$V_{con} = 3,1416 * 0,3136m^2 * 0,8m$$

$$V_{con} = 0,788m^3$$

Conociendo que un m^3 equivale a 1000 l se obtiene el volumen del contenedor de procesamiento de las pieles:

$$V_{con} = 0,788m^3 * \frac{1000l}{1m^3} = 788l$$

Es decir que el contenedor de procesamiento del cuero podrá trabajar con un volumen de 788 como máximo. Para poder operar de manera segura y procurar que la operación no genere derrames o sobrecargas al equipo se trabajara con un factor de seguridad del 11%, es decir que se prescindirá del 11% del volumen máximo, valor que se calculó bajo la siguiente relación matemática:

$$V_{ON} = V_{con} - f_s$$

Dónde:

V_{ON} = volumen de operación normal del contenedor de procesamiento.

V_{con} = volumen del contenedor de procesamiento.

f_s = factor de seguridad (11% del volumen del contenedor)

El valor del factor de seguridad se calcula a partir del volumen real del contenedor bajo la siguiente relación matemática:

$$f_s = \frac{V_{con} * 11}{100}$$

$$f_s = \frac{788l * 11}{100}$$

$$f_s = 88l$$

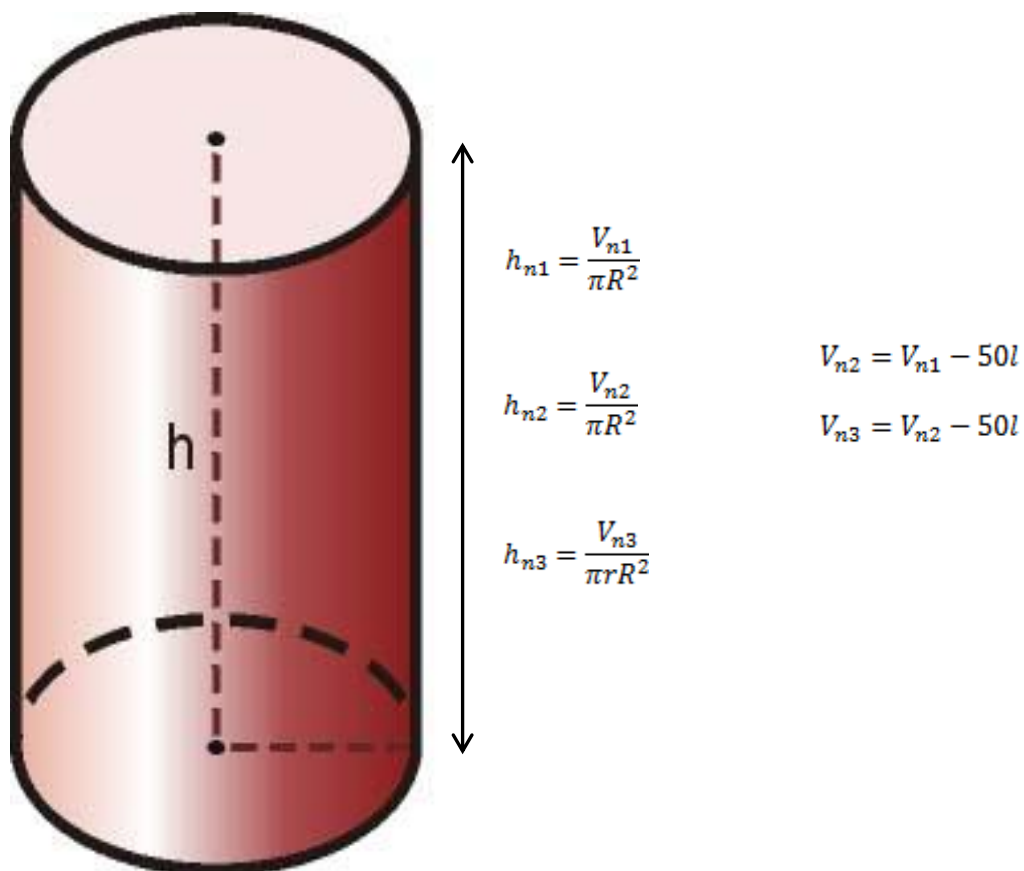
Para determinar el valor del volumen de operación normal del contenedor de procesamiento se aplicó los siguientes reemplazos matemáticos:

$$V_{ON} = V_{con} - f_s$$

$$V_{ON} = 788l - 88l$$

$$V_{ON} = 700l$$

Es decir que el volumen máximo con que se debería cargar el equipo sin correr riesgos de derrames del contenido o sobrecargas al equipo es de 700l. Para mejorar el proceso de carga y operación el contenedor debió ser rotulado indicando diferentes volúmenes nominales con intervalos de 50 l, para poder determinar el intervalo en la altura de cada marca se procedió al cálculo del mismo bajo la siguiente regla matemática.



Dónde:

h_n = altura de las marcas para rotulación

V_n = volumen nominal

R = radio del contenedor de procesamiento

Aplicando los cálculos matemáticos correspondientes se obtiene los resultados expresados en el cuadro 3.

Cuadro 3. CÁLCULO DE LAS ALTURAS DE LAS MARCAS DE LOS DIFERENTES VOLÚMENES DEL CONTENEDOR DEL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.

Volumen (m)	Volumen (m ³)	Altura (m)	Diferencia de alturas entre las marcas (m)
700,000	0,700	0,711	-
650,000	0,650	0,660	0,051
600,000	0,600	0,609	0,051
550,000	0,550	0,558	0,051
500,000	0,500	0,508	0,051
450,000	0,450	0,457	0,051
400,000	0,400	0,406	0,051
350,000	0,350	0,355	0,051
300,000	0,300	0,305	0,051
250,000	0,250	0,254	0,051
200,000	0,200	0,203	0,051

Es decir que entre cada marca que indica la diferencia de 50 l entre cada volumen nominal es igual a 0,051m o 51 mm, como se muestra en el Gráfico 10.



Gráfico 10. Marcas de los volúmenes nominales.

3. Cálculo de la potencia de la bomba requerida

Para poder dimensionar la capacidad de salida de potencia de la bomba requerida para el transporte de los fluidos dentro del equipo se parte de la siguiente ecuación matemática

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) + h_f + h_m = H_t$$

Dónde

v = velocidad

g = gravedad

P = presión

Z = altura

γ = peso específico

h = pérdidas

H_t = potencia del equipo

a. Cálculo del caudal de recirculación requerido

Para determinar el caudal del fluido que se requiere que circule por el equipo se parte del volumen normal de operación, es decir 0,7 m³ o 700 l, volumen que está compuesto por el volumen de las pieles a tratar y el volumen del fluido tratante, es decir que para calcular el volumen del fluido que circulara se debe despreciar del volumen total el volumen de las pieles, bajo la siguiente ecuación matemática:

$$V_f = V_{ON} - (V_p * n_p)$$

Dónde:

V_f = volumen del fluido de circulación

V_{ON} = volumen de operación normal

V_p = volumen de las pieles

n_p = números de pieles

Considerando que el equipo bajo condiciones normales de operación es decir, un proceso en el cual todas las condiciones en que opera el equipo se encuentran dentro de las estandarizadas para obtener los menores resultados en cuanto a las

condones del producto, sin afectar el funcionamiento del sistema, la seguridad del personal y procurando obtener los mayores réditos. Conociendo los valores del volumen normal de operación y el volumen de las pieles y que el equipo puede procesar por tanda 11 pieles de cuy (piel referencial de especies menores), como se muestra en la figura 1, se obtiene el volumen del fluido:



Figura 1. Pieles de cuy contenidas dentro del equipo.

$$V_f = 700l - (0,57l * 11)$$

$$V_f = 700l - 6,32l$$

$$V_f = 639,68l \text{ o } 0,64m^3$$

Para lograr una correcta circulación del fluido tratante dentro del equipo se requiere que el volumen del mismo sea bombeado en lapso de 5 minutos o 300 s, es decir que todo el volumen del fluido dentro del equipo recircule por el mismo cada 300s, partiendo ello el caudal se calcula por medio de la siguiente ecuación matemática:

$$\dot{Q}_r = \frac{V_f}{t_r}$$

Dónde:

\dot{Q}_r = caudal de recirculación requerido.

V_f = volumen del fluido de circulación.

t_r = tiempo de recirculación.

Aplicando los valores del volumen del fluido de circulación y el tiempo de recirculación se obtiene el caudal de recirculación requerido:

$$\dot{Q}_r = \frac{0,64m^3}{300s}$$

$$\dot{Q}_r = 0,0021 m^3/s$$

b. Cálculo de la velocidad del fluido

Para determinar la velocidad con que el fluido recorrerá la tubería dentro del equipo se parte del cálculo del área.

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2$$

Dónde:

A = área de la tubería

D = diámetro de la tubería

Conociendo que el diámetro nominal de la tubería es 32mm o 0,032m el área se obtiene:

$$A = \pi \left(\frac{0,032m}{2} \right)^2$$

$$A = 8,04 \times 10^{-4} m^2$$

La velocidad del fluido dentro de las tuberías del equipo se calcula bajo la siguiente relación matemática:

$$v = \frac{\dot{Q}_r}{A}$$

Dónde:

v = velocidad del fluido.

\dot{Q}_r = caudal de recirculación.

A = área de la tubería.

$$v = \frac{0,0021 m^3/s}{8,04 \times 10^{-4} m^2}$$

$$v = 2,61 m/s$$

c. Cálculo de las pérdidas por los accesorios

Para determinar las pérdidas ocasionadas por los accesorios dentro del tramo de tubería de bombeo y descarga se utiliza los factores de pérdida (K) que se

encuentran en la bibliografía, los mismos que se encuentran detallados en el cuadro 4

Cuadro 4. FACTOR DE PÉRDIDA DE LOS ACCESORIOS.

ACCESORIO	CANTIDAD	K
Codos PP 90°	18	0,9
Tee doble PP	2	00,4
Tee PP	3	1
Salida de tanque	2	0,05
Unión universal	5	0,04
Reducción de tubería	2	0,04
Válvula de compuerta	1	1,2
Unión universal	5	0,0045

Para determinar la pérdida total por los accesorios se aplica la siguiente expresión matemática:

$$h_m = \sum nk \frac{v^2}{2g}$$

Resolviendo la sumatoria para cada uno de los accesorios se obtienen los resultados expresados en el cuadro 5.

Cuadro 5. ACCESORIOS DEL COMPONENTE DE BOMBEO DEL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.

ACCESORIO	CANTIDAD	K	$k \frac{v^2}{2g}$
Codos PP 90°	18	0,9	5,67
Tee doble PP	2	0,4	0,28
Tee PP	3	1	1,05
Salida de tanque	2	0,05	0,035
Unión universal	5	0,04	0,07
Reducción de tubería	2	0,04	0,028
Válvula de compuerta	1	1,2	0,42
Unión universal	5	0,0045	0,007875
Pérdida total por accesorios			7,560875

d. Cálculo de las pérdidas por fricción

Para el cálculo de las pérdidas por fricción entre la tubería y el fluido de operación se aplica la siguiente relación matemática:

$$h_f = f \frac{Lv^2}{2Dg}$$

Dónde

h_f = pérdidas por fricción.

f = factor de fricción (0,022)

v = velocidad del fluido

L = longitud de la tubería (10 m)

g = constante de la gravedad

D = diámetro de la tubería

Reemplazando valores previamente calculados y considerando que la mayoría del fluido es agua se obtiene que la pérdida por fricción es igual a:

$$h_f = 0,02 \frac{7m * (2,16 \text{ m/s})^2}{2 * 0,033m * 9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$h_f = 1,02 \text{ m}$$

Habiendo determinado las variables que componen la ecuación de Bernoulli se procede al cálculo de la carga del dispositivo. Considerando que el dispositivo funcionara a una diferencia de presión de 200000 pascales y que la altura de descarga se encuentra 0,8135 m, como se muestra en la figura 2 por sobre la zona de succión se obtiene los siguientes resultados.

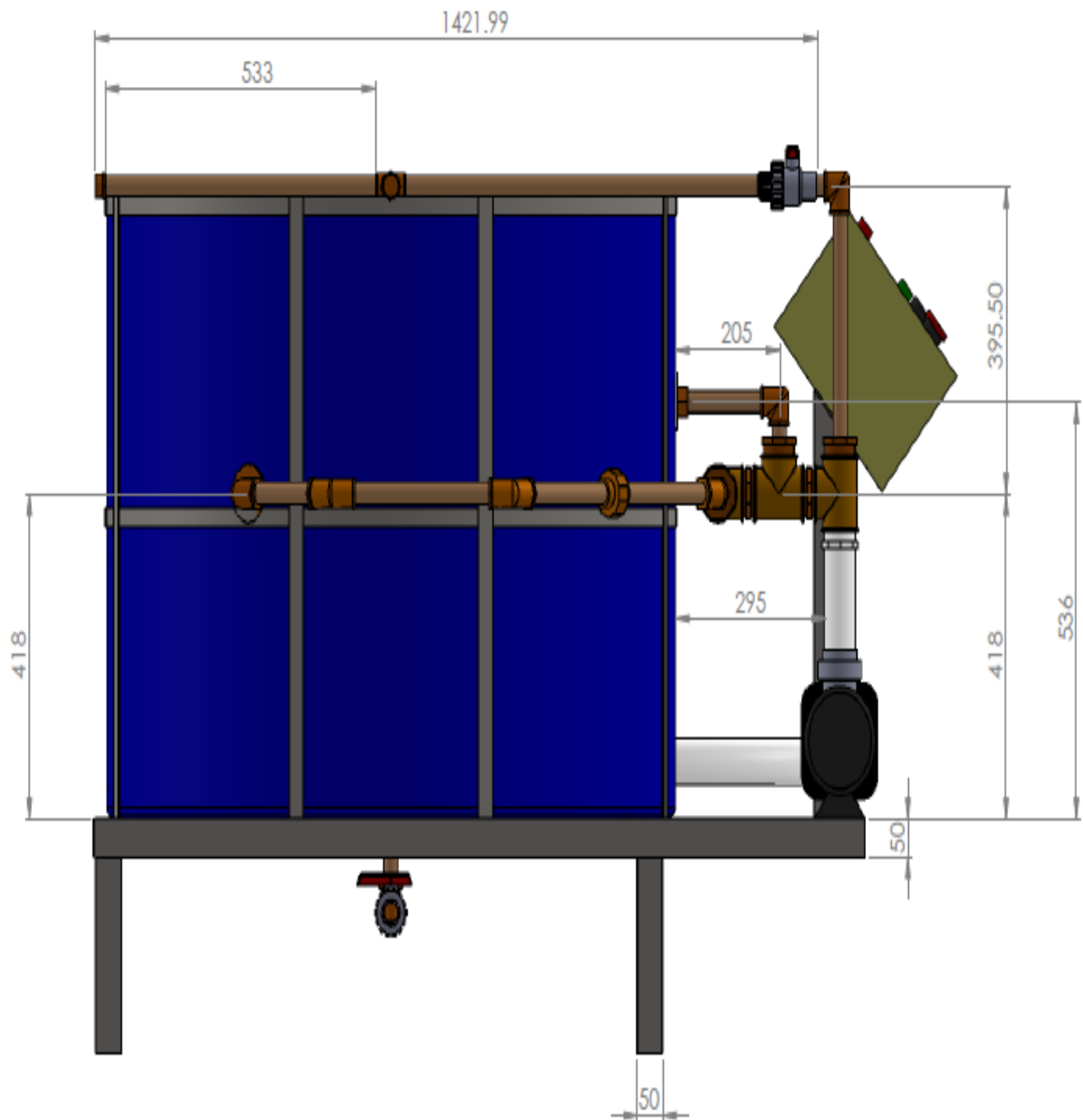


Figura 2. Diferencia del altura entre el punto de carga y de descarga del fluido de procesamiento.

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) + h_f + h_m = H_t$$

$$H_t = \frac{(2,16 \text{ m/s})^2 - 0}{2 * 9,8 \text{ m/s}^2} + \frac{300000 \text{ Pa}}{9800 \text{ N/m}^3} + (0,81 \text{ m} - 0) + 1,02 \text{ m} + 7,56 \text{ m}$$

$$H_t = 30,02 \text{ m}$$

e. Cálculo del flujo másico

Para determinar el flujo másico al que trabajara el equipo se parte de la siguiente expresión matemática

$$\dot{m} = \dot{Q} * \gamma$$

Dónde:

\dot{m} = flujo másico

γ = peso específico

\dot{Q} = caudal

$$\dot{m} = 0,0021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\dot{m} = 2 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

f. Cálculo de la potencia de la bomba

Para determinar la potencia de la bomba que proporcionara el empuje para que el fluido de operación circule el equipo se parte de la siguiente ecuación:

$$\dot{W} = \frac{\dot{m} * H_t}{75 * \eta}$$

Dónde:

\dot{W} = potencia de la bomba requerida

\dot{m} = flujo másico

η = eficiencia de la bomba

Conociendo los términos que componen la ecuación y considerando que la eficiencia de las bombas es igual a 85% se obtiene:

$$\dot{W} = \frac{2 \text{ kg/s} * 30,02 \text{ m}}{75 * 0,85}$$

$$\dot{W} = 0,94 \text{ HP}$$

Es decir que el equipo requerirá una bomba que entregue una potencia igual o superior a 0,94 HP. En vista que el mercado no se oferta bombas con el valor exacto de potencia de 0.94 HP se equipó una bomba de 1 HP existentes en el mercado y que supera levemente los requerimientos establecidos dentro de los cálculos.

B. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y SENSORIALES DEL CUERO OBTENIDO CON EL SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO IMPLEMENTADO EN EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE.

1. Tiempo de curtición

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto al tiempo de curtición ($T\alpha > T \text{ tab}$), de acuerdo al criterio t student, valorándose además que en promedio las pieles menores tardaron 72,2 horas dentro del equipo en el adobado, valor resultante del análisis de la estadística descriptiva demostrada en el cuadro 5. Además el valor de desviación entandar registrado es igual a 0,966, con una varianza y un valor de error igual a 0,933 y 0,31 respectivamente. La mediana y moda obtenidas del análisis estadístico fueron iguales a 72,00 horas para ambos indicadores.

En la valoración de las respuestas del grupo de muestras se aprecia que en la piel número 3, 6 y 10, los resultados fueron de 74 horas en el proceso de curtición, mientras tanto que en las muestras 1,2,4,5,7,8,y 9 el tiempo de curtición fue de 72 horas en promedio, como se ilustra en el gráfico 11 logran determinar que en estos procesos se reduce 2 horas , sin desmejorar la calidad de la piel, ya

Cuadro 6. TIEMPO DE CURTIDO, CURTICIÓN DE LA PIEL Y CALIDAD DEL CUERO CURTIDO EN EL EQUIPO DE SISTEMA DE FLUIDO CONTINUO.

Variable	Media	Mediana	Moda	Desviación	Varianza	Error	P(T<=T) una cola	Sign.
Tiempo curtido al alumbre (horas)	72,6	72,00	72,00	0,966	0,933	0,31	0,000000023	**
Resistencia a la Tensión	154,68	140,09	-	70,09	4911,93	22,16	0,0000013	**
Temperatura de encogimiento (°C)	56,00	56,00	54,00	2,11	4,44	0,67	0,0000	**
Porcentaje de Elongación	37,67	37,00	36,67	4,29	18,43	1,36	0,0000	**
Suavidad	4,00	4,00	4,00	0,67	0,44	0,21	0,0716950	**
Blandura	4,20	4,00	4,00	0,79	0,62	0,25	0,1026827	ns

que se realizan pruebas in situ para saber si el curtiente ha impregnado correctamente, por lo tanto se aprecia que de 10 muestras que comprenden el promedio de varios procesos se ha comprobado la eficiencia del sistema continuo, ya que el objetivo del mismo será que los productos curtientes logren ingresar en todo el entretejido fibrilar y que se optimice el tiempo que traducido a escala industrial beneficiara por el ahorro de energía y mano de obra, y sobre todo permite una mayor producción.

Al cotejar el valor del tiempo requerido para la curtición de pieles menores del sistema de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtiembre, cuyo valor medio fue de 72,2 horas, con el tiempo empleado para el mismo proceso bajo un modelo de curtición convencional, el mismo que en promedio es igual a 75 horas como se muestra en el Gráfico 11, valores que guardan relación con lo indicado por Hidalgo, L. (2004), autor que reporta que se aprecia que el equipo objeto del estudio tarda un menor tiempo en la curtición de las pieles frente al modelo convencional, lo que se traduce en el abaratamiento de costos de producción al disminuir el tiempo de operación de los equipos de potencia (motores, bombas, compresores, etc.) que consumirán una menor cantidad de energía al tratar el mismo número de pieles. Al reducir el tiempo de proceso se reduce además los costes de mano de obra que se encarga del control y operación de los equipos, costo energéticos, costes de alquiler de maquinaria complementaria y de la infraestructura, lo que se traduce en el producto tendrá presentara un menor costo de producción y mayor rentabilidad.

Al disminuir el tiempo de curtición se aumenta la capacidad de producción de la planta, es decir el número de pieles que se puede curtir bajo un intervalo de tiempo establecido, es así que a la semana, y asumiendo que se tratara una muestra a la vez, el sistema de fluido continuo será capaz de curtir 2,32 muestras, mientras que bajo un sistema convencional de curtición se trataran 2,28 muestras, al traducir esta relación a un año se tiene que bajo el sistema continuo se curtirán 4,17 muestras más que bajo un modelo convencional, y conociendo que en bajo condiciones de operación normal el sistema continuo puede procesar hasta 11 pieles menores se obtiene que el sistema continuo tiene una

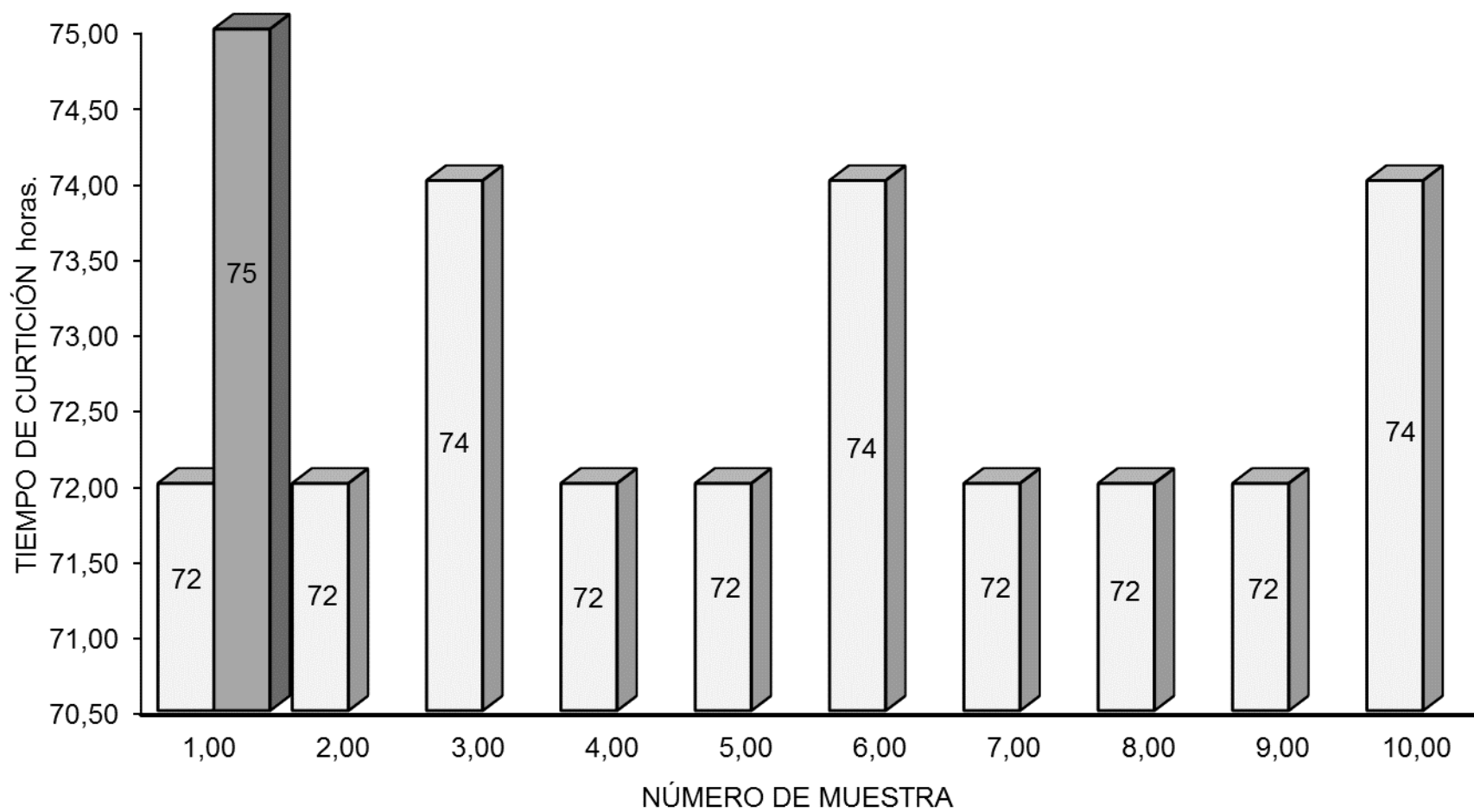


Gráfico 11. Tiempo de curtiembre de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

superioridad de producción de 45,98 muestras al año frente al proceso convencional de adobado.

2. Resistencia a la tensión

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto a la resistencia a la tensión ($T_{\alpha} > T_{tab}$), reportándose además que el valor medio de para esta variable física fue igual a 154,68, valor resultante del análisis de la estadística |descriptiva. Además el valor de desviación estándar registrado es igual a 70,09, con una varianza y un valor de error igual a 4911,93 y 22,16 respectivamente. La mediana obtenida del análisis estadístico fue igual a 140,09.

En el análisis de cada muestra se tiene que el valor más alto se reportó en la piel número 2 cuya media fue de 283 N/cm², a continuación siguió la piel número 3 cuya media fue de 224 N/cm², siguiendo con el análisis se tiene los valores reportados en la piel número 8 cuyas medias fueron de 213 N/cm², la siguiente respuesta que se obtuvo se dio en la piel número 6 cuyas medias fueron de 189 N/cm², a continuación estuvo la respuesta de la piel número 1 cuya media fue de 146 N/cm², siguiendo el análisis se observó al respuesta de la piel número 4 cuya media fue de 134 N/cm² a continuación estuvo la respuesta de la piel número 7 y 9 cuyas medias fueron de 105 N/cm² la penúltima respuesta se observó en la piel número 5 cuyas medias fueron de 81 N/cm² y la respuesta más baja se dio en la piel número 10 cuya media fue de 67 N/cm²; evidenciándose así que las pieles número 1,2,3,6,8 superaron las normas establecidas por La Asociación Española de la industria del cuero que nos indica según la norma IUP 8(2002) que infiere un mínimo de 150 N/cm².

La resistencia a la tensión es la medida de la fuerza máxima que resisten las fibras del cuero en una dirección antes de romperse, es decir que a mayor resistencia y ordenamiento del entramado fibrilar el cuero resistirá una mayor carga tensional unidireccional, lo que se traduce en una mayor resistencia al uso,

calidad funcional y mayor vida útil del artículo final con que sea confeccionado con el cuero, siendo indicadores proyectantes de la aceptación y mayor valor por parte de los usuarios del artículo.

Al realizar el curtido de forma convencional el equipo genera una fluidización acelerada del total del contenido del mismo, es decir impulsa a las pieles y al fluido de curtición a movilizarse por todo el interior del equipo y se produzca el ingreso de los productos de curtición a la piel y la reacción de los mismos, lo que genera que la piel se movilice por las paredes hacia la parte superior y por la acción de la gravedad caiga hasta la parte inferior del equipo. Esta caída genera en la piel por acción de las fuerzas externas un desordenamiento fibrilar en todas direcciones y rupturas de las estructuras colagénicas de menor resistencia, debilitando la estructura total de la piel que al transformarse en cuero presente una limitada resistencia a la tensión. En el caso del sistema de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtiembre el ingreso de los productos de curtición a la piel se produce por la fluidización a velocidad considerable del medio continuo, no obstante las pieles permanecen estáticas y no se ejerce fuerzas externas de movimiento considerables sobre las mismas, lo que se traduce en que la disposición de la estructura fibrilar no será afectada y las fibras de menor resistencia, a más de fortalecerse con la adición del curtiente y los auxiliares, permanecerán sin rupturas, lo que en sumatoria brinda una mayor resistencia total del cuero a la tensión e indirectamente aumentando la resistencia al uso y calidad de los artículos finales frente a los cueros obtenidos bajo un proceso convencional de curtición, como se muestra en el Gráfico 12.

3. Temperatura de encogimiento

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto a la temperatura de encogimiento ($T_{\alpha} > T_{tab}$), reportándose además que el valor medio de para esta variable física fue igual a 56,00 °C, valor resultante del análisis de la estadística descriptiva. Además el valor de la desviación estándar obtenido fue igual a 2,11 con una varianza y un valor de error igual a 4,44 y 0,67

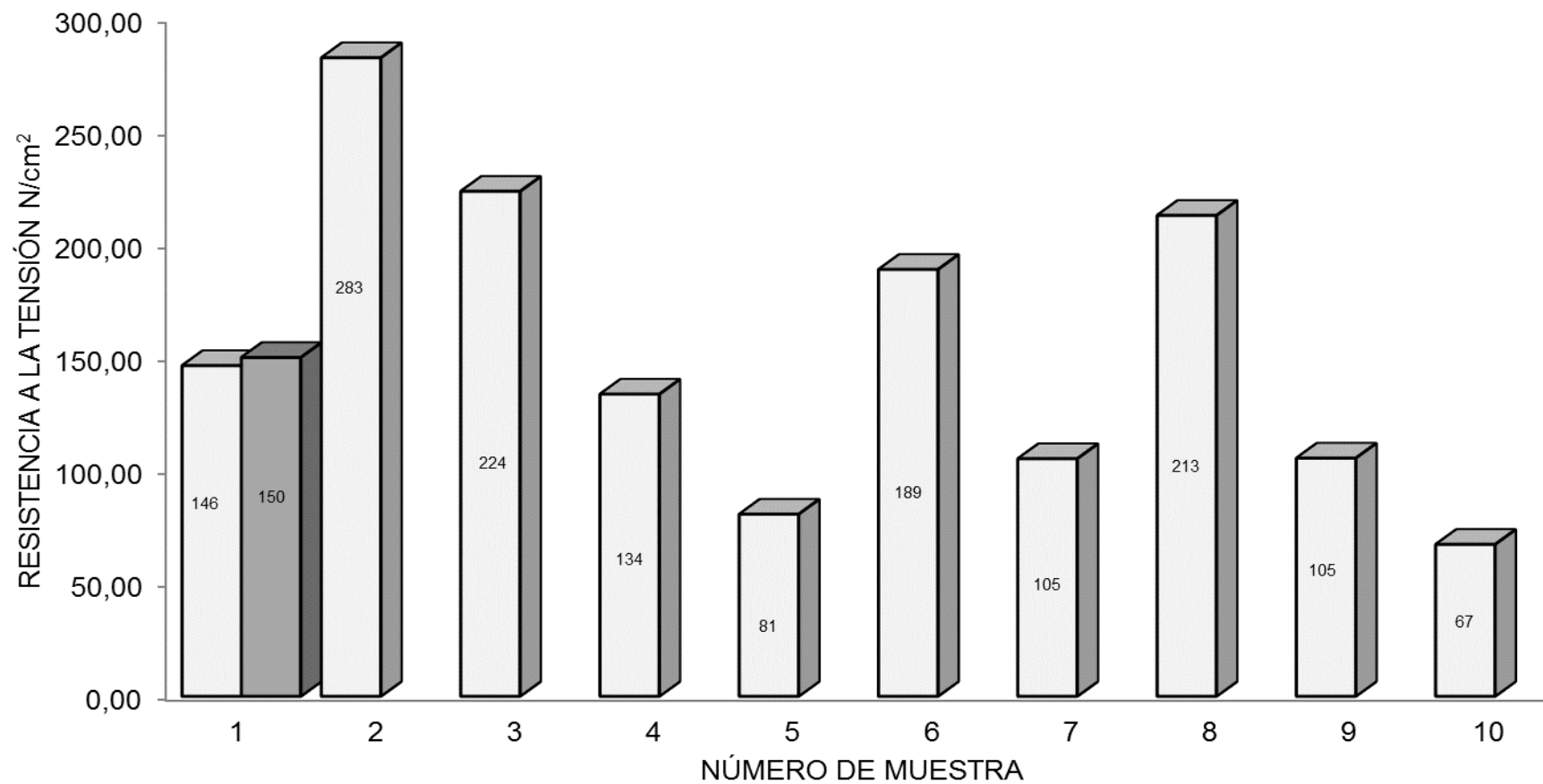


Gráfico 12. Resistencia a la tensión de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

respectivamente. La mediana y moda obtenidas del análisis estadístico fueron igual a 56,00 °C y 54,00°C en su orden.

En el análisis de cada muestra se tiene que el valor más alto se reportó en la piel número 3 cuya media fue de 60° C , a continuación siguió la piel número 6 y 10 cuyas medias fueron de 58° C, siguiendo con el análisis se tiene los valores reportados en la piel número 2,5,8 cuyas medias fueron de 56° C, la siguiente respuesta que se obtuvo se dio en la piel número 6 cuyas medias fueron de 189 a la respuesta más baja fue de las pieles número 1,4,7,9 cuyas media fueron de 54° C evidenciándose así que todas las pieles superaron las normas establecidas por lo que nos indica Hidalgo, L. (2014), que sugiere la temperatura mínima de encogimiento debe tener valores iguales a 50° C.

En [http://www.eei.upc.es/3web/catA3/journal.\(2014\)](http://www.eei.upc.es/3web/catA3/journal.(2014)), se indica que el encogimiento permanente de la superficie de piel está causado por una desnaturalización parcial de la triple hélice que se produce a un ritmo lento, bajo la acción del calor seco y/o cambio de las condiciones climáticas y dependiendo de las condiciones del entorno. Los enlaces de hidrógeno se rompen durante el tratamiento térmico y la estructura se comprime en una dirección axial. Esto último está apoyado por el acortamiento de la D-periodicidad, así como por la determinación colorimétrica de la disminución de la entalpía de desnaturalización. La recuperación completa de la estructura del cuero luego del encogimiento no puede producirse porque la aproximación de los elementos estructurales que es originado por las fuerzas capilares durante la desaparición de agua por calentamiento provoca un impedimento estérico.

Con el aumento del grado de reticulación, que normalmente se correlaciona con un aumento de la estabilidad hidrotérmica, la estabilidad molecular contra disminuciones de calor seco y al mismo tiempo la pérdida de superficie por contracción permanente aumenta. Es decir que la medición de la temperatura en la cual se produce el encogimiento es un indicador de la estabilidad del complejo piel-curtiente, es decir que a mayor temperatura resistida por el cuero sin presentarse un encogimiento considerable mayor es la estabilidad del complejo

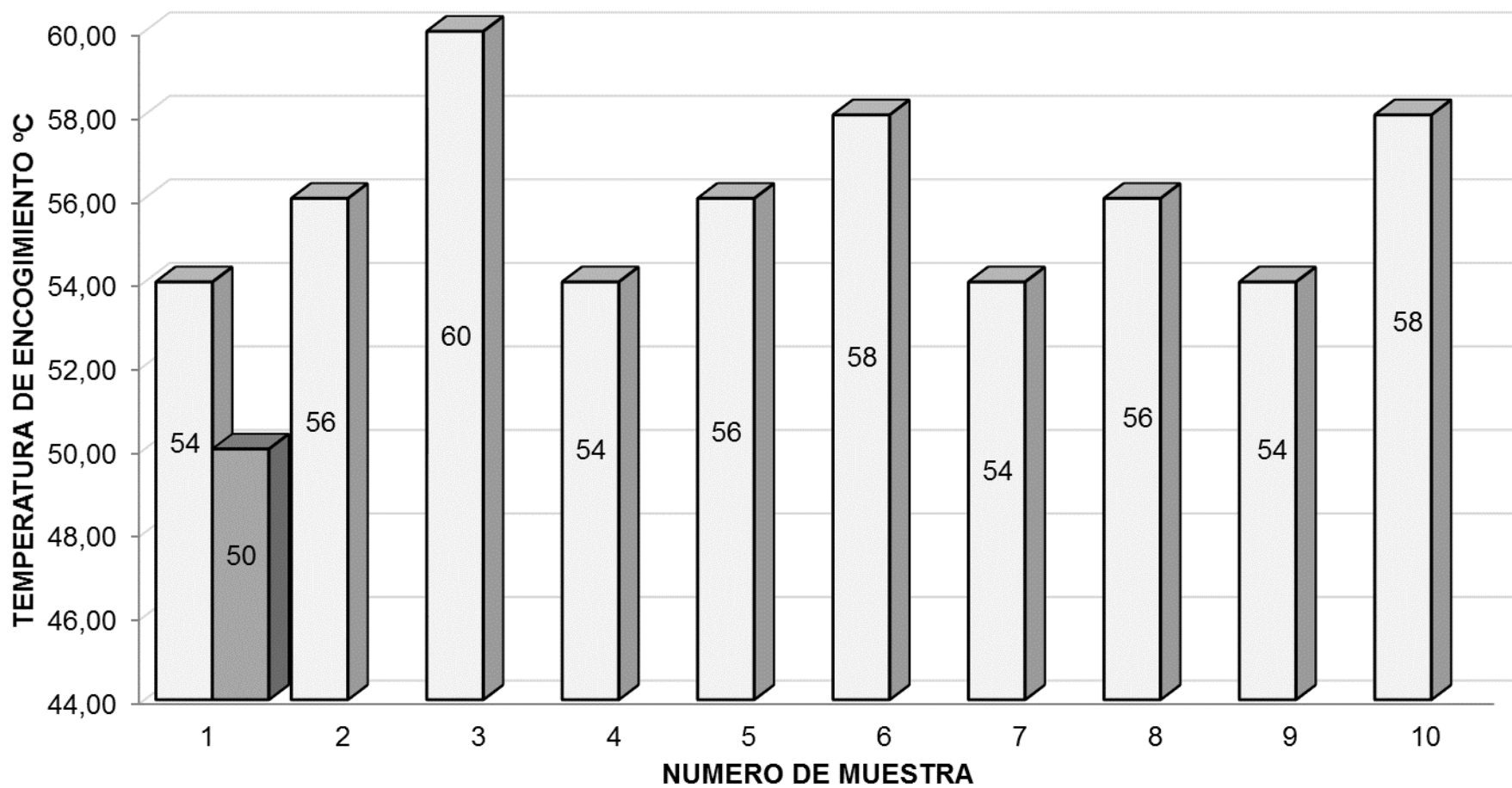


Gráfico 13. Temperatura de encogimiento de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

colágeno- curtiembre, lo que significa que la calidad del cuero es superior. Como se muestra en el Gráfico 13 las muestras de cuero adobado en el sistema de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtiembre presentan una mayor temperatura de encogimiento en comparación a las pieles obtenidas bajo un modelo de curtición convencional, indicativo que conlleva a la aseveración que los cueros obtenidos con el sistema de fluido continuo presentan ventajas tecnológicas y de calidad frente a los cueros curtidos convencionalmente, ya que su estructura colagénica combinada con el agente curtiembre presentan una mayor estabilidad y son menos susceptibles a sufrir desnaturalización proteica y su correspondiente degradación tecnológica.

4. Porcentaje de elongación

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto al porcentaje de elongación ($T\alpha > T_{tab}$), reportándose además que el valor medio de para esta variable física fue igual a 37,67%, valor resultante del análisis de la estadística descriptiva mostrada en el Gráfico 14. Además el valor de la desviación estándar obtenido fue igual a 4,29 con una varianza y un valor de error igual a 18,43 y 1,36 respectivamente. La mediana y moda obtenidas del análisis estadístico fueron igual a 37,00 y 36,67% en su orden.

En el análisis de cada muestra se tiene que el valor más alto se reportó en la piel número 3 cuya media fue de 46,7% , a continuación siguió la piel número 1 cuya media fue de 40,3% , siguiendo con el análisis se tiene los valores reportados en la piel número 10 cuyas medias fueron de 40%, la siguiente respuesta que se obtuvo se dio en la piel número 9 cuyas medias fueron de 39,7% , a continuación estuvo la respuesta de la piel número 4 cuya media fue de 37,3% , siguiendo el análisis se observó al respuesta de la piel número 5,7 cuyas medias fueron de 36,7% a continuación estuvo la respuesta de la piel número 6 cuyas medias fueron de 34,6% la penúltima respuesta se observó en la piel número 8 cuyas medias fueron de 32,9% y la respuesta más baja se dio en la piel número 2 cuya media fue de 31,8%; evidenciándose así que todas las pieles con excepción de

las pieles 2 y la 8 superaron las normas establecidas por La Asociación Española de la industria del cuero que nos indica según la norma IUP 6(2002) que infiere un mínimo de 35%.

El porcentaje de elongación indica la proporción en la que el cuero puede estirarse hasta su ruptura al ser sometido a una fuerza de elongación, es decir una fuerza que produzca el estiramiento unidireccional del cuero. Mientras la estructura de colágeno del cuero presente mayor flexibilidad, el porcentaje de elongación que obtenga, producto de esta medición física, será superior.

La adición de los productos de curtición, a más de cumplir su función principal que es la de transformar la piel putrefactible en un material perenne, tiene como finalidad proporcionar características específicas que hacen del cuero un material de excelente calidad, como lo es aumentar la flexibilidad del mismo. Para que el colágeno de la piel logre reaccionar con el agente de curtición es necesario que en primera instancia el mismo logre ingresar a todo el espesor de la piel y en segunda instancia se genera la reacción combinándose con la piel y transformándola en cuero, y proporcionando las características esperadas. Por ende en los cueros donde el ingreso de los productos de curtición hacia el interior de la piel presentaran una mayor flexibilidad evidenciada en una porcentaje de elongación superior, como es el caso de las pieles curtidas en el sistema de fluido continuo, donde las condiciones de operación se encuentran más adecuadas y en vista a que las pieles se encuentran en sumersión completamente y durante todo el tiempo de curtición lo que aumenta el contacto de la piel con el curtiente y los auxiliares aumentando así la acción de conferir flexibilidad al cuero por parte del curtiente.

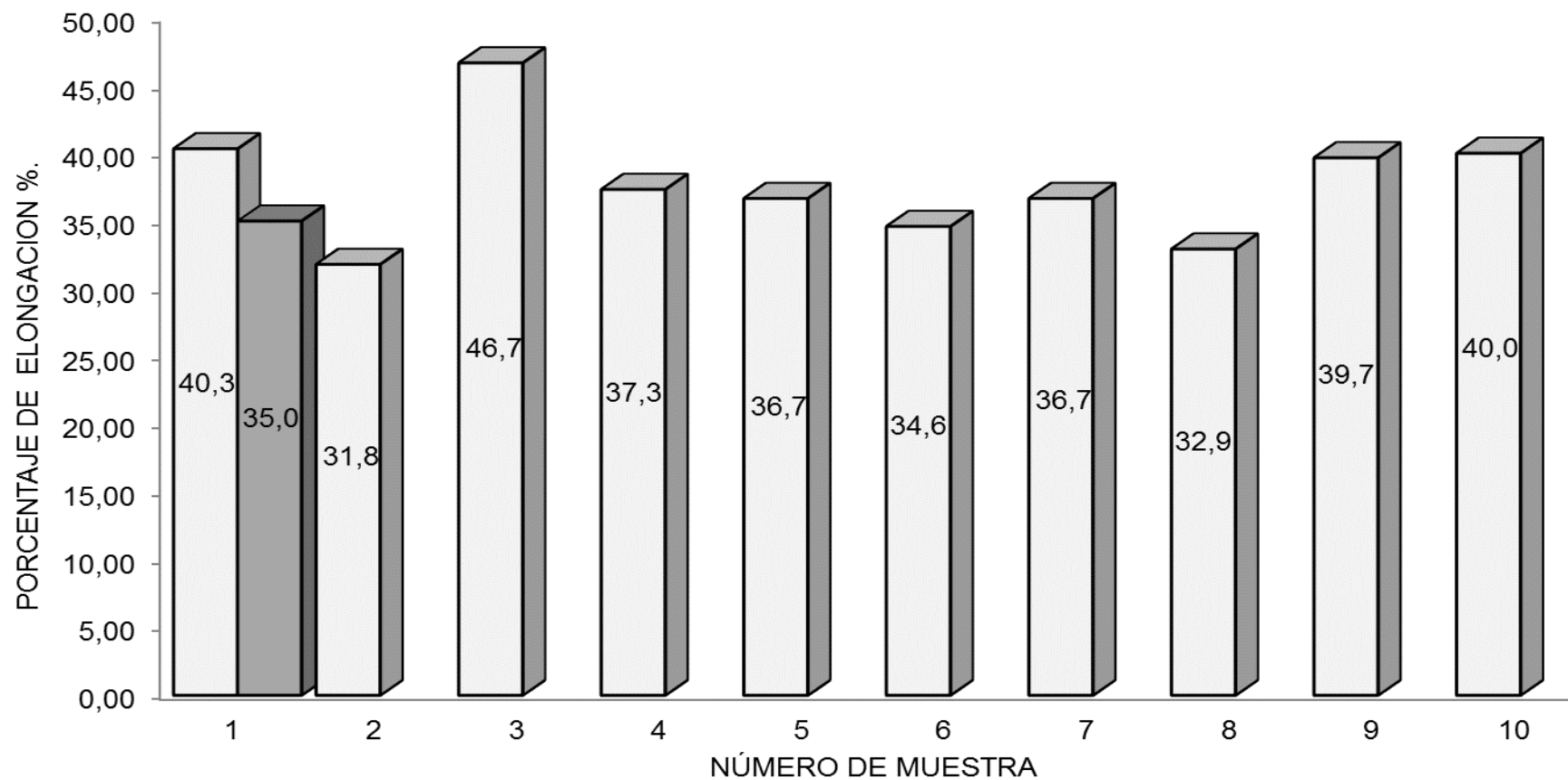


Gráfico 14. Porcentaje de elongación de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

5. Suavidad

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto a la valoración de la suavidad ($T\alpha > T_{tab}$), reportándose además que el valor medio de para esta variable sensorial fue igual a 4 puntos, valor resultante del análisis de la estadística descriptiva mostrada en el cuadro 5. Además el valor de la desviación estándar obtenido fue igual a 0,67 con una varianza y un valor de error igual a 0,44 y 0,21 respectivamente. La mediana y moda obtenidas del análisis estadístico fueron igual a 4 puntos para ambas variables sensoriales.

En el análisis de cada muestra se tiene que el valor más alto se reportó en la pieles número 3 y 10 cuya media fue de 5 puntos, a continuación siguieron las pieles numero 1,2,4,5,7,9 cuyas medias fueron de 4 puntos, siguiendo con el análisis se tiene los valores más bajos reportados en las pieles número 6 y 8 cuyas medias fueron de 4 puntos, evidenciándose así que las pieles número 3 y 10 igualaron las normas establecidas por Hidalgo, L.(2014) que infiere un mínimo de 5 puntos.

Para calificar la suavidad se desliza el cuero sobre las yemas de los dedos y se califica la sensación que provoca la superficie del cuero en contacto con los nervios del tacto, si esta es una sensación agradable, cálida, suave, semejante al de la seda se califica con las puntuaciones más altas que corresponde a 5 y si por el contrario si fue tosca, acartonada y con poca suavidad y caída la calificación de 1, teniéndose que los cueros que obtienen una calificación elevada en este análisis sensorial tienen una superficie muy homogénea, con ausencia de arrugas o imperfecciones que pueden provenir desde fallas en la piel antes o después del desposte hasta falencias en el proceso de curtido, lo que indica que si un cuero posee una elevada suavidad es indicativo de la correcta curtición de la piel. Al cuantificar la suavidad de los cueros curtidos en el sistema de fluido continuo frente a los cueros obtenidos bajo un modelo convencional podemos apreciar que para el primer caso se obtiene una valoración superior, como se muestra en el Gráfico 15. Resultado que viene respaldado por lo indicado en

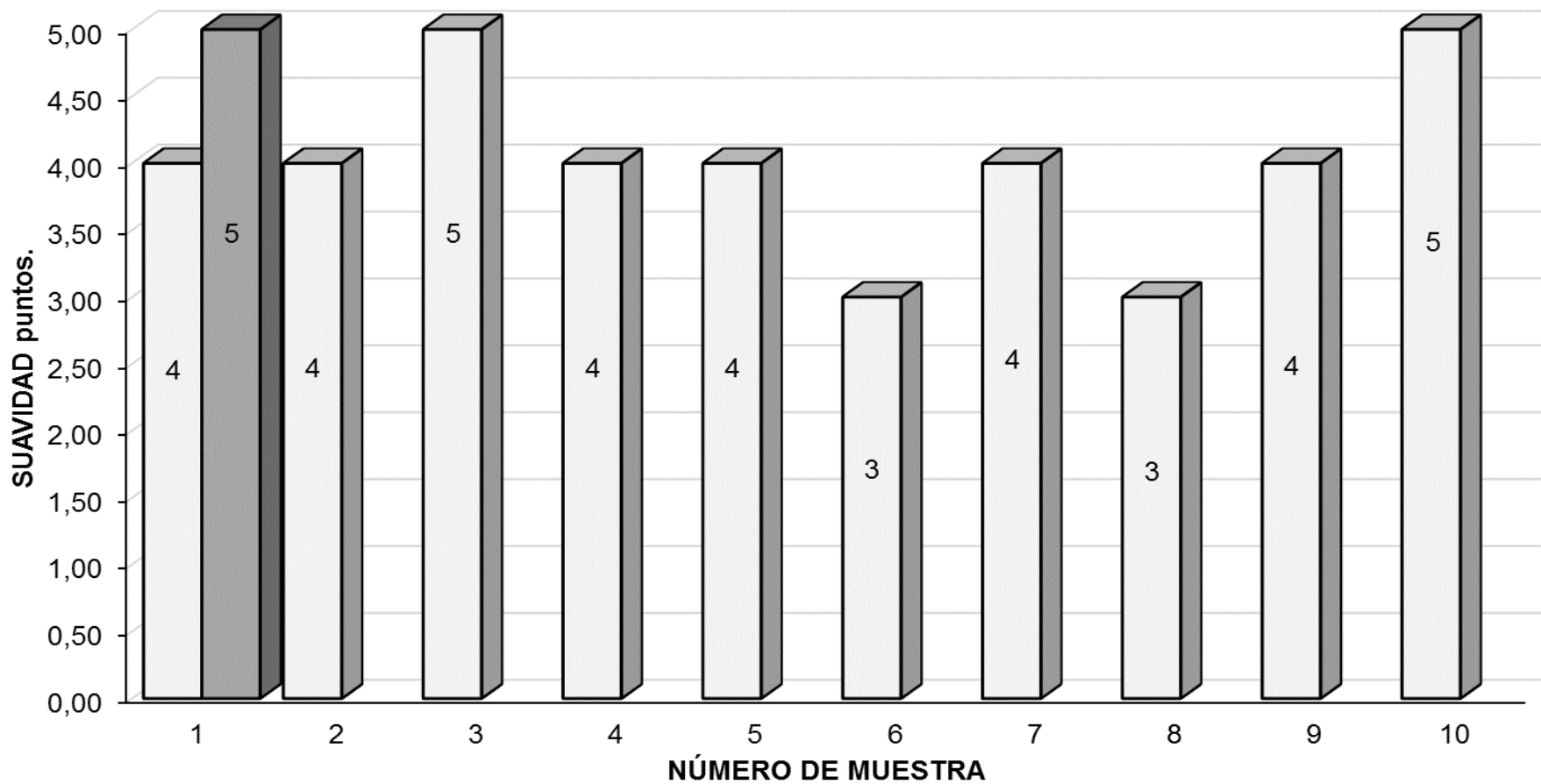


Gráfico 15. Blandura de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

<http://calzadoumh2010.files.wordpress.com> donde se señala que en los sistemas de fluido continuo las condiciones de curtido (tiempo, concentración de los productos y auxiliares de curtición, temperatura, etc.), se encuentran más controladas, ya que el equipo proporciona una mayor facilidad en vista a que el sistema se encuentra en constante operación, es decir, que las condiciones en las que la piel reacciona con los curtientes se encuentran dentro de un rango más ajustado y próximo a las condiciones óptimas resultando en que las características, tanto físicas como sensoriales, sean mayores a las condiciones de cueros que sean obtenidos bajo procesos poco controlados o que presenten una mayor susceptibilidad a la aparición de fluctuaciones.

6. Blandura

Las pieles menores curtidas en el equipo de fluido continuo implementado en el laboratorio de curtición reportaron diferencias altamente significativas en cuanto a la valoración de blandura ($T\alpha > T_{tab}$), reportándose además que el valor medio para esta variable sensorial fue igual a 4,20 puntos, valor resultante del análisis de la estadística descriptiva mostrada en el cuadro 5. Además el valor de la desviación estándar obtenido fue igual a 0,79 con una varianza y un valor de error igual a 0,62 y 0,25 respectivamente. La mediana y moda obtenidas del análisis estadístico fueron igual a 4 puntos para ambas variables sensoriales.

En el análisis de cada muestra se tiene que el valor más alto se reportó en las pieles número 3,5,7,9 cuyas medias fueron de 5 puntos, a continuación siguieron las pieles número 2,4,5,8,10 cuyas medias fueron de 4 puntos, siguiendo con el análisis se tiene los valores más bajos reportados en las pieles número 1 y 6 cuyas medias fueron de 3 puntos, evidenciándose así que las pieles número 3,5,7 y 9, igualaron las normas establecidas por Hidalgo, L.(2014) que infiere un mínimo de 5 puntos. Al respecto Hidalgo, L. (2004), reporta que la curtición es por definición una transformación de cualquier piel en cuero Esta transformación está dada por una estabilización de la proteína. Este proceso de curtición involucra el tratamiento de la piel en tripa con un agente curtiente, que, por lo menos en parte, se combine irreversiblemente con el colágeno.

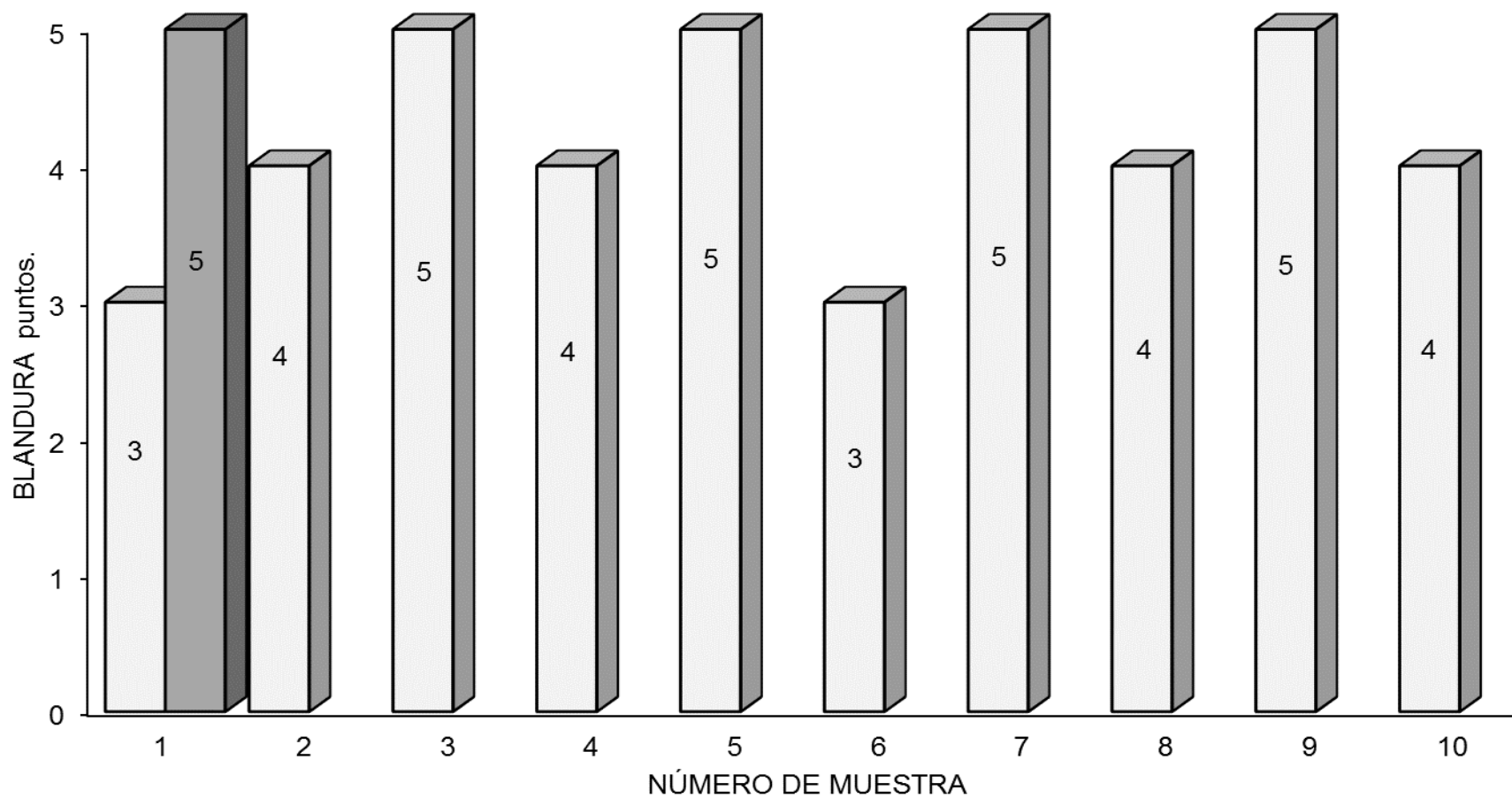


Gráfico 16. Blandura de los cueros utilizando el equipo para el adobe de pieles de especies menores implementado en el Laboratorio de Curtición.

Fernández, B. (2004), indica que la blandura está delimitada por la facilidad con la que el cuero puede manipularse, es decir cuan maleable se presenta al ser flexionado, característica esencial al momento tanto de confección del artículo como en el del uso rutinario. Los cueros que presentan una mayor blandura, por sus características, son más óptimos para el proceso de manufactura de artículos, ya que el operario o la maquinaria no deben ejercer mucha presión sobre el cuero para que el mismo adquiera la forma deseada, y de igual manera, mantenga la misma al transcurso del tiempo y del uso del artículo. La blandura presenta una relación proporcional con el porcentaje de elongación, ya que en las dos variables se analiza la flexibilidad del cuero bajo enfoques específicos, es decir que cueros con un porcentaje de elongación apropiado también presentarían una valoración en la blandura adecuada. Aseveración que se ve confirmada por las respuestas de las muestras de los cueros obtenidos bajo un sistema de fluido continuo, implementado en el taller de curtiembre, que son superiores tanto en la variable física del porcentaje de elongación, como en la variable sensorial correspondiente a la blandura, como se muestra en el gráfico 16.

D. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Al realizar la evaluación económica de la construcción de un sistema de fluido continuo para el Laboratorio de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias se determinó que el costo total del equipo donde se incluye la compra de materiales como tanque cilíndrico, bomba, tes, uniones codos entre otros, de la mejor calidad, para asegurar que la vida útil sea más larga, así como también el pago de mano de obra para el ensamblaje, gasfitería y automatización del sistema establecieron un egreso total de 1064,63 dólares americanos como se muestra en el cuadro 7, sin tomar en cuenta para la presente investigación el costo de los análisis físicos, que sirvieron de referente para determinar la calidad del producto y sobre todo la eficiencia del sistema.

Cuadro 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

MATERIALES	UNIDADES	COSTO UNITARIO	TOTAL
Tanque cilíndrico PE	1	83.38	83.38
Bomba	1	220	220
Codo PP 90° (1 plg)	2	1.32	2.64
Codos PP 90 ° (3/4 plg)	9	1.45	13.05
Codo PP 45 ° (3/4 plg)	7	1.8	12.6
Tubos PP (3/4 plg)	3	13.68	41.04
Tubo PP (1 plg)	1	21.49	21.49
Tee doble PP	2	0.9	1.8
Unión Universal (3/4 plg)	4	1.63	6.52
Unión Universal (1 plg)	1	3.63	3.63
Tee PP	3	0.88	2.64
Reducción de 1 plg a 3/4 plg	2	1	2
Neplo PP (3/4 plg)	6	0.42	2.52
Válvula de corte de flujo	1	5.15	5.15
Acoples	3	2.36	7.08
Cable Gemelo	7	1	7
Cintas aislante (Taype)	2	0.75	1.5
Teflones	4	0.75	3
Soldadura para tubería	3	8.97	26.91
Tapón hembra PP (3/4 plg)	4	0.42	1.68
Roscado	40	0.5	20
Cortadora de tubos PP	1	14	14
Tarraja	1	15	15
Base o soporte del Sistema	1	60	60
Tapa de recubrimiento (bomba)	1	30	30
Ensamblaje de Estructura metálica			120
Automatización del Sistema			300
Mano de obra Gasfitería			40
Total			1064,63

Realizando diversas cotizaciones en el mercado se consideró que el equipo diseñado podría tener un costo aproximado de 2500 dólares, por lo tanto se evidencia que resulta rentable la incursión en este tipo de actividades, y sobre todo al analizar que los beneficios proporcionados por el sistema como son calidad tanto física como sensorial de las pieles menores se afirma que económicamente está justificada la implementación del equipo, ya que si se pretendería alquilar una máquina de similares características el costo sería de 0,40 centavos de dólar y como se curten alrededor de 12 pieles en cada proceso se estaría incurriendo en un gasto de 4,80 dólares, por cada lote de pieles, por lo tanto al trabajar semanalmente se cancelaría 24 dólares y al mes un promedio de 96 dólares, por lo tanto al año se recuperaría unos 960 dólares, es decir que el costo del equipo en el laboratorio será recuperado en un año y 2 meses y el resto del tiempo de vida útil, si el fin sería de lucro se convertiría en utilidad neta descontando la depreciación y los costos por servicios básicos .

De acuerdo a lo expuesto se considera que resulta muy rentable el diseño construcción e implementación de este tipo de sistemas, ya que se puede obtener pieles de muy alta calidad y sobre todo optimizando y ahorrando los recursos de agua, mano de obra y productos químicos, por lo tanto es conveniente difundir los resultados de la investigación para que pueda ser instaurado especialmente en pequeñas curtiembre que se dedican a la producción de pieles para peletería.

V. CONCLUSIONES

- La construcción del Sistema de Fluido Continuo contribuyó en la mejora de la efectividad en el proceso de curtido de pieles con pelo o lana, evitando la acción mecánica de los bombos que tienden a dañar las pieles pequeñas y desmejorar las fibras debido al grado de fragilidad.
- El contenedor para el curtido de las pieles, podrá trabajar con un volumen de 788 litros como máximo. Para poder operar de manera segura y procurar que la operación no genere derrames o sobrecargas al equipo, se trabaja con un factor de seguridad del 11%, es decir que se prescindirá del 11% del volumen máximo del contenedor.
- La evaluación de las características física de las pieles pequeñas curtidas en el Sistema de Fluido Continuo, determinó un tiempo de curtido óptimo (72,6 horas), buena resistencia a la tensión (154,68 N/cm²), temperatura de encogimiento (56°C), y porcentaje de elongación (37,67%), que son indicativos de una piel de muy buena calidad.
- La evaluación sensorial de la muestra de pieles curtidas en el Sistema de Fluido Continuo, establece una media de 4,0 puntos para la caída y 4,20 puntos para la blandura, estableciéndose calificaciones de muy buena; es decir, pieles muy delicadas y con buena caída, condiciones ideales para la confección de artículos muy finos.

VI. RECOMENDACIONES

- El curtido de las pieles es una de las etapas más importantes dentro del proceso de transformación de la piel en cuero ya que de ésta depende la calidad del producto final, por lo tanto se recomienda utilizar un Sistema de Fluido Continuo que evita que las pieles de animales menores con pelo o lana se maltraten y desmejoren tanto sus resistencias físicas como su calidad sensorial.
- Se recomienda realizar un manual de procesos y funcionamiento para utilizar el Sistema de Fluido Continuo correctamente, a través de diferentes pruebas piloto para adiestrar a las personas que operan este tipo de maquinaria.
- La implementación de un Sistema de Fluido Continuo, al ser un equipo construido como parte de un trabajo de curtición de pieles para peletería resulta rentable; ya que, su costo es insignificante en relación al beneficio que representa el obtener cueros para peletería de alta calidad.
- Construir diferentes prototipos mecánicos que beneficien a los estudiantes que hacen uso de laboratorio de Curtición de Pieles, en los diferentes tipos de procesos y pieles; así como también, conseguir la automatización total del laboratorio, con la finalidad de mejorar el proceso de aprendizaje en el área de Tecnología del Cuero.

VII. LITERATURA CITADA

1. AGUIN, J. 2009. Granada Alvarez, E.; Vazquez Alfaya, M. E. SISCECT, Simulación y cálculo de ciclos termodinámicos, Ed. Bellisco. 536 SIS.
2. ARTIGAS, M. 1987. Manual de Curtiembre. Avances en la curtición de pieles. 2a ed. Barcelona-España. Edit. Latinoamericana. pp. 14, 16, 20-22.
3. BAEHR, H. 2007. Tratado moderno de Termodinamica Ed. Tecnilibro, S.L.
4. CENGEL, Y. 2006. Termodinamica. Mc Graw-Hill.
5. CHAPMAN, J. 2000. Transmisión de calor, Editorial Librería Editorial Bellisco, Madrid, 3a Edición.
6. FRANKEL, A. 2009. Manual de Tecnología del Cuero. 2da ed. Buenos Aires, Argentina. Edit. Albatros. pp. 112 -148.
7. FERNÁNDEZ LARRAÑAGA, B. 2004. Introducción a la mecánica de fluidos. 2a ed. México. Edit. Alfa Omega. pp 3, 4.
8. FONT, R. 2011. Análisis y ensayos en la industria del cuero. 2a ed. Igualada, España. Edit. CETI. pp. 12-18, 40-49, 52-58.
9. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. 1a ed. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.
10. HOLMAN, J. 2008. Transferencia de Calor, 8a Edición, Mc Graw-Hill, Madrid.
11. <http://www.monografias.com>. 2014. Amo, A. Concepto de mecánica de fluidos.

12. <http://www.weltamiz.com/2012/08/02/mecanica-de-fluidos.com>. 2012. Araya, E. Fluidos Newtonianos.
13. <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Fluido> .2013. Barco, A. Propiedades de los fluidos.
14. <http://chemicalinem.blogspot.com>. 2011. Braverman V. Conductividad Térmica
15. <http://tplaboratorioquimico.blogspot.com>. 2013. Bengoa, J. Tensión superficial
16. <http://www.df.uba.ar/users/Conduct.pdf>. 2014. Bettman, J. Capilaridad de los fluidos.
17. <http://www.es.wikipedia.org/wiki/Capilaridad>. 2013. Carmelos, J. Válvulas en la termodinámica.
18. <http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad>. 2013. Carvajal, A. Conexiones y accesorios.
19. <http://www.fsz.ifas.ufl.edu/su>. 2014. Cervera, P. Accesorios de las conducciones eléctricas.
20. <http://biblioteca.sena.edu.com>. 2014. Ferraro, E. Construcción de un Sistema De Fluido Continuo.
21. <http://www.inese.es>. 2014. Grau, M. Cálculo de la capacidad del Sistema de Fluido Continuo para curtición.
22. <http://www.slideshare.net/fyug/curticion-del-cuero>. 2014. Gratacos, E. Dimensionamiento de la bomba.

23. <http://www.cueroamerica.com>. 2014. Olson, J. Cálculo del número de Reynolds.
24. http://www.gea.com.uy/curtiembres_1.php. 2014. Rama, R. La curtición del cuero.
25. <http://www.clariant.com>. 2014. Rubio, L. Cálculo del factor de fricción
26. <http://wwwcalzadomh2010.files.wordpress.com>. 2014. Shilome, A. Depilado, descarnado y dividido.
27. JONES, J. 2007. Ingeniería Termodinámica, Prentice Hall, Primera Edición.
28. MARTÍN.I, SALCEDO.R, FONT.R 2011. Mecánica de fluidos. sn. st. California, USA. se. pp 3, 30, 31, 33.
29. MORÁN, J. 2009. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Ed. Reverte. 536 MOR fun.
30. PASINATO, H. 2008. Fundamentos de mecánica de fluidos. sn. sl. Edit. Universidad Tecnológica Nacional. pp 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.
31. SEGURA, J. 2008. Termodinamica Tecnica, Ed. Reverte, S.A.
32. Soriano, J. 2010. Termodinamica Logica y Motores Termicos, Ciencia 3, S.A.
33. Wark, K. 2001. Termodinámica, 6a Edición Mc Graw-Hill.
34. Vazquez, M. 2010. Problemas resueltos de Termodinamica Tecnica, 1er y 2o Principio. Serv. Publicaciones Universidad de Vigo.

ANEXOS

Anexo 1. Resistencia a la tensión de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.

1. Mediciones Experimentales

Muestra	Tiempo			
1	146,42	154,68	-8,27	68,35
2	282,71	154,68	128,02	16389,61
3	223,54	154,68	68,86	4741,72
4	133,77	154,68	-20,91	437,35
5	80,62	154,68	-74,06	5485,26
6	188,98	154,68	34,30	1176,42
7	105,18	154,68	-49,51	2450,93
8	212,91	154,68	58,23	3390,41
9	105,45	154,68	-49,23	2423,62
10	67,26	154,68	-87,43	7643,69

2. Estadísticas descriptivas

Resistencia a la tensión	
Media	154,685
Error típico	22,163
Mediana	140,095
Moda	#N/A
Desviación estándar	70,085
Varianza de la muestra	4911,929
Curtosis	-0,680
Coefficiente de asimetría	0,540
Rango	215,450
Mínimo	67,257
Máximo	282,707
Suma	1546,849
Cuenta	10

3. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	154,684858	5,5
Varianza	4911,92882	9,16666667
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	2460,54774	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	6,72502418	
P(T<=t) una cola	1,3216E-06	**
Valor crítico de t (una cola)	1,73406361	
P(T<=t) dos colas	2,6432E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10092204	

Anexo 2. Temperatura de encogimiento de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido continuo

1. Mediciones Experimentales

Muestra	Tiempo				
1	54,00	56,00	-2,00	4,00	
2	56,00	56,00	0,00	0,00	
3	60,00	56,00	4,00	16,00	
4	54,00	56,00	-2,00	4,00	
5	56,00	56,00	0,00	0,00	
6	58,00	56,00	2,00	4,00	
7	54,00	56,00	-2,00	4,00	
8	56,00	56,00	0,00	0,00	
9	54,00	56,00	-2,00	4,00	
10	58,00	56,00	2,00	4,00	

2. Estadísticas descriptivas

Resistencia a la tensión	
Media	56,00
Error típico	0,67
Mediana	56,00
Moda	54,00
Desviación estándar	2,11
Varianza de la muestra	4,44
Curtosis	-0,45
Coefficiente de asimetría	0,71
Rango	6,00
Mínimo	54,00
Máximo	60,00
Suma	560,00
Cuenta	10,00

3. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	56	5,5
Varianza	4,444444444	9,16666667
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	6,80555556	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	43,2857143	
P(T<=t) una cola	5,9565E-20	
Valor crítico de t (una cola)	1,73406361	
P(T<=t) dos colas	1,1913E-19	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10092204	

Anexo 3.Elongacion de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.

1. Mediciones Experimentales

Muestra	Tiempo			
1	40,33	37,67	2,67	7,11
2	31,80	37,67	-5,87	34,42
3	46,67	37,67	9,00	81,00
4	37,33	37,67	-0,33	0,11
5	36,67	37,67	-1,00	1,00
6	34,60	37,67	-3,07	9,40
7	36,67	37,67	-1,00	1,00
8	32,93	37,67	-4,73	22,40
9	39,67	37,67	2,00	4,00
10	40,00	37,67	2,33	5,44

2. Estadísticas descriptivas

Resistencia a la tensión	
Media	37,6666667
Error típico	1,35766684
Mediana	37
Moda	36,6666667
Desviación estándar	4,29331953
Varianza de la muestra	18,4325926
Curtosis	1,07864723
Coefficiente de asimetría	0,75435979
Rango	14,8666667
Mínimo	31,8
Máximo	46,6666667
Suma	376,666667
Cuenta	10

3. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	37,6666667	5,5
Varianza	18,4325926	9,16666667
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	13,7996296	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	19,3623179	
P(T<=t) una cola	8,42E-14	**
Valor crítico de t (una cola)	1,73406361	
P(T<=t) dos colas	1,684E-13	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10092204	

Anexo 4. Suavidad de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo

1. Mediciones Experimentales

Muestra	Tiempo				
1	4,00	4,00	0,00	0,00	
2	4,00	4,00	0,00	0,00	
3	5,00	4,00	1,00	1,00	
4	4,00	4,00	0,00	0,00	
5	4,00	4,00	0,00	0,00	
6	3,00	4,00	-1,00	1,00	
7	4,00	4,00	0,00	0,00	
8	3,00	4,00	-1,00	1,00	
9	4,00	4,00	0,00	0,00	
10	5,00	4,00	1,00	1,00	

2. Estadísticas descriptivas

Resistencia a la tensión	
Media	4,00
Error típico	0,21
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desviación estándar	0,67
Varianza de la muestra	0,44
Curtosis	0,08
Coefficiente de asimetría	0,00
Rango	2,00
Mínimo	3,00
Máximo	5,00
Suma	40,00
Cuenta	10,00

3. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	4,00	5,50
Varianza	0,44	9,17
Observaciones	10,00	10,00
Varianza agrupada	4,81	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	18,00	
Estadístico t	-1,53	
P($T \leq t$) una cola	0,07	*
Valor crítico de t (una cola)	1,73	
P($T \leq t$) dos colas	0,14	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10	

Anexo 5. Blandura de pieles menores adobadas en el Sistema de Fluido Continuo.

1. Mediciones Experimentales

Muestra	Tiempo				
1	3,00	4,20	-1,20	1,44	
2	4,00	4,20	-0,20	0,04	
3	5,00	4,20	0,80	0,64	
4	4,00	4,20	-0,20	0,04	
5	5,00	4,20	0,80	0,64	
6	3,00	4,20	-1,20	1,44	
7	5,00	4,20	0,80	0,64	
8	4,00	4,20	-0,20	0,04	
9	5,00	4,20	0,80	0,64	
10	4,00	4,20	-0,20	0,04	

2. Estadísticas descriptivas

Resistencia a la tensión	
Media	4,20
Error típico	0,25
Mediana	4,00
Moda	4,00
Desviación estándar	0,79
Varianza de la muestra	0,62
Curtosis	-1,07
Coefficiente de asimetría	-0,41
Rango	2,00
Mínimo	3,00
Máximo	5,00
Suma	42,00
Cuenta	10,00

3. Prueba de T-Student

	Variable 1	Variable 2
Media	4,2	5,5
Varianza	0,62222222	9,16666667
Observaciones	10	10
Varianza agrupada	4,89444444	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	18	
Estadístico t	-1,31394339	
P(T<=t) una cola	0,10268275	
Valor crítico de t (una cola)	1,73406361	
P(T<=t) dos colas	0,20536549	
Valor crítico de t (dos colas)	2,10092204	

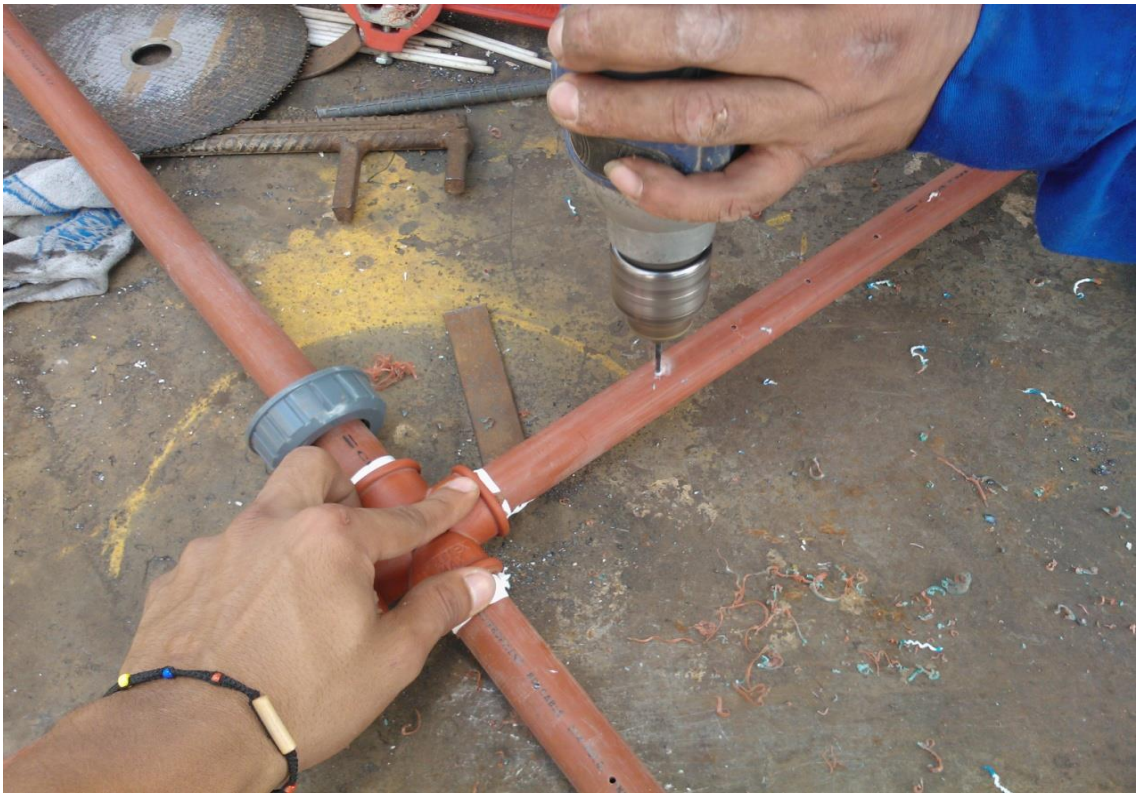
Anexo 6. Construcción del soporte del Sistema de Fluido Continuo.



Anexo 7. Construcción del Sistema de Fluido Continuo.



Anexo 8. Acople de tuberías para el Sistema de Fluido Continuo.



Anexo 9. Sistema de Fluido Continuo finalizado.



Anexo 10. Prueba piloto del Sistema de Fluido Continuo.





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

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Alexis Misael Agila Loor

TIPO DE CUERO: Conejos

FECHA DE ANÁLISIS: 30 de Julio del 2014

ESPECIFICACIÓN: Análisis Físicos

TRATAMIENTO: Único

DESTINO: Planta de Curtiembre F.C.P

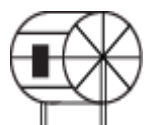
ANÁLISIS FÍSICOS DEL CUERO

MUESTRAS	Tiempo de Curtición (horas)
Muestra 1	72
Muestra 2	72
Muestra 3	74
Muestra 4	72
Muestra 5	72
Muestra 6	74
Muestra 7	72
Muestra 8	72
Muestra 9	72
Muestra 10	74

OBSERVACIONES:.....

.....

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE





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

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Alexis Misael Agila Loor
TIPO DE CUERO: Conejos
FECHA DE ANÁLISIS: 30 de Julio del 2014
ESPECIFICACIÓN: Análisis Sensoriales
TRATAMIENTO: Único
DESTINO: Planta de Curtiembre F.C.P

ANÁLISIS SENSORIALES DEL CUERO

PRUEBAS SENSORIALES		
MUESTRAS	Suavidad	Blandura
Muestra 1	4	3
Muestra 2	4	4
Muestra 3	5	5
Muestra 4	4	4
Muestra 5	4	5
CALIFICACIÓN (PUNTOS)		

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

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE





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

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Alexis Misael Agila Loor

TIPO DE CUERO: Conejos

FECHA DE ANÁLISIS: 30 de Julio del 2014

ESPECIFICACIÓN: Análisis Sensoriales

TRATAMIENTO: Único

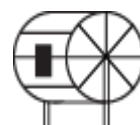
DESTINO: Planta de Curtiembre F.C.P

ANÁLISIS SENSORIALES DEL CUERO

PRUEBAS SENSORIALES		
MUESTRAS	Suavidad	Blandura
Muestra 6	3	3
Muestra 7	4	5
Muestra 8	3	4
Muestra 9	4	5
Muestra 10	5	4
CALIFICACIÓN (PUNTOS)		

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

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE





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

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Alexis Misael Agila Loor

TIPO DE CUERO: Conejos

FECHA DE ANÁLISIS: 30 de Julio del 2014

ESPECIFICACIÓN: Análisis Físicos

TRATAMIENTO: Único

DESTINO: Planta de Curtiembre F.C.P

ANÁLISIS FÍSICOS DEL CUERO

PRUEBAS FÍSICA DE EBULLICIÓN		
MUESTRAS	Temperatura de Ebullición(°C)	Cueros
Muestra 1	54	
Muestra 2	56	
CALIFICACIÓN (PUNTOS)		

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

Ing. MC. Luis Eduardo Hidalgo Almeida
RESPONSABLE

