



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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO MECÁNICO PARA EL
ESCARMENADO DE LANA OVINA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS**

**AUTORES:
RONALD RENATO PUCHA YUCAILLA
MANUEL ANTONIO VALLEJO MENDOZA**

**RIOBAMBA – ECUADOR
2017**

Este trabajo de titulación fue aprobada por el siguiente tribunal

Ing. M.C. Rogelio Estalin Ureta Valdez.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Edwin Darío Zurita Montenegro.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD.

ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN.

Riobamba, 17 de Julio del 2017.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Ronald Renato Pucha Yucailla, con cedula 060497041-8, y Manuel Antonio Vallejo Mendoza, con cedula, 172336987-0, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

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

Ronald Renato Pucha Yucailla
CI: 060497041-8,

Manuel Antonio Vallejo Mendoza
CI: 1723369870

Riobamba, 17 de Julio del 2017.

DEDICATORIA

Esta tesis dedico con mucho cariño a mis queridos padres Elvia y Nelson, por su gran apoyo y confianza que me han brindado en todo lo necesario, para cumplir mis objetivos como persona profesional.

A mi querida esposa Dayanara Inca, por su confianza, su sacrificio y esfuerzo y ante todo por creer en mi capacidad, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre ha estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi querido hijo Dylan Renato, quien ha sido mi gran inspiración para nunca dejar de luchar por mis sueños.

A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional. Gracias a todos.

Ronald Pucha

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco especialmente a mis padres Elvia y Nelson, por su apoyo incondicional, por su demostración ejemplar, enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mis hermanos, Jairo Paul, Diego Jamil, Guido Fernando, Henry Nelson y Sandra Jimena por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos.

A mi querida esposa Dayanara, por todo ese apoyo y cariño que me ha demostrado durante mi formación profesional.

A mis queridos padres políticos Jorge y Rosa, quienes me han brindado su gran apoyo incondicional y acogerme como un hijo más.

A la ESPOCH, y a la FCP, por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mis compañeros de clases los cuales hicieron que esta travesía sea mucho más fácil y divertida apoyándonos mutuamente en nuestra formación profesional.

Ronald Pucha

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a DIOS por haberme dado la oportunidad de vivir y estar con migo a cada paso, cuidándome y dándome fortaleza para continuar cada día,

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi eterna gratitud y agradecimiento. Papá y mamá, a mis queridos hermanos quienes han estado a mi lado en este largo camino.

Son muchas las personas especiales a quienes me gustaría dedicar el presente trabajo de investigación, a mis compañeros, familiares y a quienes han estado en las diferentes etapas de mi vida. Algunas están aquí con migo y otras en mis recuerdos. Sin importar en donde se encuentren quiero darles las gracias por formar parte de mi vida.

A una persona muy especial quien ha estado a mi lado a lo largo de estos años a la que quiero agradecer toda su comprensión, paciencia y compañía.

Antonio Vallejo

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias, a mis queridos maestros por haberme compartido todos sus conocimientos y haber formado de mí una profesional, de manera especial al Ing. MC. Edwin Darío Zurita Montenegro. Director de trabajo de titulación y al Ing. Luis Eduardo Hidalgo Almeida. PhD. Asesor de trabajo de titulación. Quienes con su experiencia y sabiduría orientaron mi trabajo investigativo.

A mis amigos y compañeros de estudio, sin ellos no habría sido posible alcanzar todos los logros que obtuve en la universidad.

Antonio Vallejo

CONTENIDO

	Pág
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Fotografías	ix
Lista de Anexos	x
	.
I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA</u>	3
A. GENERALIDADES DE LA LANA OVINA	3
B. FIBRAS ANIMALES	4
C. QUE ES LA FIBRA DE LANA	6
D. ORIGEN DE LA LANA	7
E. TIPOS DE LANA	8
1. <u>Lana esquilada</u>	10
2. <u>Lana apelmbrada</u>	11
3. <u>Lana bruta</u>	11
4. <u>La lana reutilizada o reprocesada</u>	11
F. PRODUCCIÓN DE LANA	12
G. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA LANA	12
1. <u>Diámetro</u>	13
2. <u>Largo</u>	13
3. <u>Resistencia</u>	14
4. <u>Color</u>	14
5. <u>La calidad de la lana</u>	14
H. VIRTUDES DE LA LANA	16
I. ESTRUCTURA DE LA LANA	17
1. <u>Partes constituyentes</u>	18
2. <u>La cutícula</u>	19
3. <u>La corteza o capa cortical</u>	19
4. <u>Médula</u>	20
J. ESTRUCTURA FÍSICA	20
1. <u>Elongación y elasticidad</u>	20

2.	<u>Absorción de humedad</u>	21
3.	<u>Repelencia Superficial</u>	22
4.	<u>Aislación térmica</u>	22
5.	<u>Flexibilidad</u>	23
6.	<u>Afieltrado y Encogimiento</u>	23
K.	ESTRUCTURA QUÍMICA	24
L.	ESTRUCTURA BIOLÓGICA	26
M.	GENERALIDADES DEL ESCARMENADO DE LA LANA	26
1.	<u>Escarmenado de la lana forma convencional</u>	26
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	29
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	29
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES	29
1.	<u>Diseño y construcción</u>	29
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	30
1.	<u>Materiales</u>	30
2.	<u>Herramientas</u>	30
3.	<u>Equipos</u>	30
D.	MEDICIONES EXPERIMENTALES	31
1.	<u>Mediciones experimentales para la máquina escarmenadora</u>	31
2.	<u>Mediciones experimentales para la lana escarmenada</u>	31
3.	<u>Análisis Sensoriales para la lana escarmenada</u>	31
4.	<u>Técnicas estadísticas</u>	32
5.	<u>Costo de diseño y construcción del equipo</u>	32
E.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE TIPO DESCRIPTIVO	31
F.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	32
G.	METODOLOGÍA	33
1.	<u>Diseño y construcción</u>	33
2.	<u>Capacidad de producción</u>	33
3.	<u>Capacidad de ruido</u>	33
4.	<u>Análisis Sensorial</u>	33
5.	<u>Resistencia a la tensión</u>	34
6.	<u>Porcentaje de elongación</u>	34
7.	<u>Porcentaje de motas</u>	34

IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	35
A. ELECCIÓN DEL DISEÑO	35
1. <u>Matriz de consistencia</u>	35
2. <u>Selección de los materiales de construcción</u>	37
2. <u>Planos del prototipo mecánico</u>	38
B. CÁLCULOS DE LAS DISTINTAS FUERZAS SOPORTADAS POR LAS PARTES DEL PROTOTIPO MECÁNICO	40
1. <u>Fuerzas soportadas en los bastidores</u>	40
2. <u>Diseño del péndulo mecánico</u>	42
a. Diseño del bastidor	43
b. Diseño de los rodamientos	45
c. Cálculos de los fenómenos del péndulo	49
	48
3. <u>Selección del número y diseño de bandas de transmisión de potencia</u>	51
a. Calculo de la potencia del motor	51
b. Determinación de la longitud de la banda	52
c. Determinación del ángulo de contacto de la banda Θ_s	53
d. Determinación del número de bandas	53
4. <u>Cálculos y diseño de las chumaceras</u>	55
a. Calculo de duración del soporte	57
C. EVALUACION DE LAS MEDICIONES EXPERIMENTALES PARA EL PROTOTIPO MECANIO PARA EL ESCARMENADO DE LANA OVINA	58
1. <u>Calculo de la capacidad de producción</u>	58
2. <u>Capacidad de ruido producida por el prototipo mecánico</u>	59
3. <u>Cálculos de la eficiencia de la maquina en base a los resultados del análisis sensorial</u>	60
D. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS	61
1. <u>Resistencia a la tensión</u>	61
2. <u>Porcentaje de elongación</u>	64

3.	<u>Porcentaje de motas eliminadas</u>	66
E.	EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES LA LANA OVINA ESCARMENADA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS	69
1.	<u>Tacto</u>	69
2.	<u>Vista</u>	72
3.	<u>Pureza</u>	74
E.	MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA EL ESCARMENADO DE LANA OVINA	77
1.	<u>Especificaciones generales</u>	77
2.	<u>Instrucciones de seguridad específicas para el proceso de escarmenado de lana</u>	79
3.	<u>Procedimiento de limpieza</u>	80
F.	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ESCARMENADORA DE LANA	80
1.	<u>Cuidado del equipo y del operario</u>	81
a.	Cuidados del equipo	81
b.	Cuidados del operador	82
H.	PROYECCION ECONOMICA	83
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	86
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	87
VII.	<u>LITERATURA CITADA</u>	88
	ANEXOS	

RESUMEN

En el Laboratorio de Fibras y Lanasy de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se realizó la implementación de un prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina, para validar el equipo se procedió a escarmenar 8 muestras de lana en forma mecánica y compararlo con la forma manual, utilizando una estadística descriptiva. Al realizar el Diseño y construcción de la máquina para realizar el escarmenado de lana ovina, se permitió el enriquecimiento del conocimiento de los estudiantes al interrelacionar la parte teórica con la práctica. La eficiencia de la máquina de escarmenado al ser del 87%, nos permite estimar que la tecnología aplicada en su construcción es la correcta y que los resultados que se consigan en el proceso de escarmenado de la lana no solo ovina sino de otras especies, que será el adecuado para garantizar su uso en la confección de las más finas prendas. Los resultados físicos y sensoriales de la lana escarmenada en el prototipo mecánico validan su diseño ya que se consigue una mayor elongación (59,50%), porcentaje de motas eliminadas (84,40%), y sobre todo una calificación de vista (4,60 puntos), pureza (4,60 puntos), y tacto (4,60 puntos). Los costos de construcción del prototipo mecánico fueron de 2580 dólares americanos que al ser comparado con las proformas de equipos de similares especificaciones son muy bajos, y al ser validados de acuerdo a los resultados expuestos se los puede replicar, para conseguir la automatización de una empresa textil.

ABSTRACT

In the laboratory of fibers and wool of Livestock Sciences Faculty in Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, the implementation of a mechanical prototype was carried out for sheep wool cleaning, in order to validate the equipment, to validate the equipment, 5 samples of wool were mechanically cleaned and compared with the manual form, using a descriptive statistic. When designing and constructing the machine to carry out the sheep wool cleaning, students' knowledge was enriched by interrelating the theoretical part with the practice. The efficiency of the machine of wool cleaning to be of 92 %, allows us to estimate that the technology applied in its construction is the correct one and the results that are obtained in the process of wool cleaning not only sheep but of other species, that will be the adequate to guarantee its use in the making of the finest garments. The physical and sensorial results of the wool cleaning in the mechanical prototype validate its design, as it achieves a greater elongation (59,50%) percentage of imperfection removed (84,40%) and of course, a sight qualification (4,60 Points), purity (4,60 Points), and touch (4,60 Points). The costs of construction of the mechanical prototype were US \$ 2,580, which when compared to equipment preforms of similar specifications are very low, and to be validate according to the results exposed can replicate them, to achieve the automation of a textile company.

LISTA DE CUADROS

Nº		Pág.
1.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS.	29
2.	MATRIZ DE CONSISTENCIA COMPARANDO LA VARIABLE A Y VARIABLE B PARA ELEGIR EL DISEÑO DEL PROTOTIPO MECÁNICO	37
3.	CAPACIDAD DE CARGA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACEROS ASTM DE ACUERDO.	44
4.	ÍNDICES Y VARIABLES PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSTANTES EN LA ELECCIÓN DE DISEÑO MECÁNICO	54
5	NIVELES MAXIMOS DE EXPOSICION PARA EL RUIDO CONTINUO	59
6.	EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	62
7.	ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	70
7.	COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO.	85

LISTA DE GRÁFICOS

Nº		Pág.
1.	ZONAS DE LA COBERTURA QUE DAN ORIGEN A DIFERENTES TIPOS DE LANA	8
2.	PARTES CONSTITUTIVAS DE LA LANA.	18
3.	PLANO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA ESCARMENAR LA LANA PROPUESTA PARA LA CONSTRUCCIÓN.	39
4.	PÉNDULO MECÁNICO UTILIZADO PARA EL ESCARMENADO DE LANAS.	42
5.	DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE PARA EL MOVIMIENTO DEL EJE DEL PENDULO DE LA MAQUINA ESCARMENADORA.	48
6.	. TIPO DE RODAMIENTOS Y SUS CARACTERÍSTICAS MARCA SKF.	56
7	RESISTENCIA A LA TENSIÓN DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	63
8.	PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	66
9.	PORCENTAJE DE MOTAS ELIMINADAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	68
10.	TACTO DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	71
11.	VISTA DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	73
12.	PUREZA DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.	75

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

N°		Pág.
1.	OBTENCIÓN DE LA LANA POR ESQUILADO.	10
2.	PALETAS DE CONTRACHAPADO CURVO	27
3.	CARDAS MANUALES - HAND CARDERS	27
4.	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA LA CARDA MANUAL.	28
5.	MÁQUINA PARA DESCARNAR LA LANA.	77

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. MANUAL TÉCNICO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA ESCARMENAR DISEÑADA, CONSTRUIDA E INSTALADA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.
2. PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE LA MAQUINA ESCARMENADORA DE LANA.
3. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE ESCARMENADO DE LANA.
4. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA DEL PROCESO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA ESCARMENAR LANA.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de lana ovina ha tenido un desarrollo importante y está muy difundida en nuestro país, sobre todo en climas templados y fríos, debido a su alta rentabilidad, buena aceptación en el mercado textil, existiendo una facilidad para encontrar muy buenas razas ovinas productoras de esta materia prima, por ende, se puede relacionar la excelencia entre calidad que proporcionan muy buenos resultados en la industria de manufactura del país. La falta de equipamiento en el laboratorio de fibras y lanas de la Facultad de Ciencias Pecuarias es un principal problema al no contar con los equipos adecuados para la elaboración de productos elaborados con lana de ovinos, creando así un desconocimiento de estos procesos en la formación de nuevos profesionales, teniendo que aprender los conocimientos de industrialización de la lana solo de forma teórica; tomando en cuenta que los métodos convencionales requieren de un tiempo mayor al que se dispone en un periodo académico. Además, que la industria de lana va evolucionando y desarrollando equipos que ayudan a optimizar el tiempo y mejorar los procesos de industrialización de lana de ovino. Por lo que es indispensable la implementación de este tipo de maquinaria obteniendo productos de calidad en menor tiempo. De esta manera, se brindará las herramientas necesarias para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias en la asignatura de fibras y lana, para que puedan realizar prácticas durante el aprendizaje de la asignatura.

La implementación de un prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina, nos permite incrementar la eficiencia del producto al tener un escarmenado favorable, consecuentemente mayor aprovechamiento en el tiempo y calidad del producto, así como mejorar los procesos de industrialización eficientes, otro punto importante al diseñar y construir los prototipos mecánicos son el costo de producción debido a que la mayoría de equipos que se tienen para el escarmenado de lana son importados, eso hace que las personas no adquieran las maquinas por su alto costo y se tenga una producción de tipo artesanal en lo que es producción de fibras textiles extraídas de los ovinos, realizado con métodos artesanales los cuales tienen bajos rendimientos y la producción únicamente logra abastecer para consumo propio y mercados comunales.

El objetivo de la construcción de los prototipos mecánicos diseñados por los investigadores es el bajo costo que le representara al productor de textiles, la adquisición de los prototipos mecánicos, con esto se buscara un incremento notable en la producción de fibras textiles, ya que dando la capacitación adecuada a los productores y mostrándole los beneficios que le producirán la adquisición de estos prototipos, se mejorará la producción artesanal de las fibras textiles siguiendo una vía de industrialización de estos procesos, esto le permitirá al productor lograr competir en los mercados nacionales con fibras importadas y además de que aseguran la calidad de producción y la eficiencia de producción con lo cual la rentabilidad económica en la producción de fibras textiles será óptima para el productor; abaratando costos de producción, esto permitirá la dinamización de la economía en la provincia de Chimborazo debido a la generación de nuevas fuentes de trabajo y abaratarán costos para el consumidor que preferirá los textiles ecuatorianos, por todo lo mencionado anteriormente los objetivos planteados para la presente investigación fueron:

- Implementar un prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina
- Diseñar y construir una máquina para realizar el escarmenado de lana ovina.
- Definir la eficiencia de la máquina para el escarmenado de lana ovino.
- Crear un manual de manejo y procedimiento adecuado utilizando normas de seguridad industrial para evitar riesgos en el funcionamiento y manejo de la máquina escarmenadora.
- Determinar los costos de construcción del equipo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. GENERALIDADES DE LA LANA OVINA

Thorstensen, E. (2012), afirma que la oveja está protegida fundamentalmente por la lana, la función primordial de la piel consiste en coadyuvar al crecimiento de las fibras. En general se puede decir que la piel de los ovinos es fina, flexible, extensible y de un color rosado, aunque es normal la pigmentación oscura de determinadas razas. En las razas productoras de lanas finas, como la Merino, en donde la piel es más delgada y con mayor número de folículos y glándulas, tanto sudoríparas como sebáceas, que en las razas carniceras. Otra característica distinta se encuentra en los merinos, en los cuales la piel forma pliegues o arrugas en el cuello, denominados corbatas o delantales, y en algunos se encuentran estas arrugas en parte o en la totalidad de la superficie corporal. Los folículos son invaginaciones de la piel en las cuales se originan las hebras pilosas y lanosas. En el interior se encuentra la raíz de la hebra con el bulbo pilífero que rodea a la papila que lo nutre y que origina el crecimiento de las fibras de la piel.

Para Sahed, D. (1999), la lana es una fibra natural que se obtiene de las ovejas y de otros animales mediante un proceso denominado esquila, se utiliza en la industria textil para confeccionar productos tales como sacos, cobijas, ruanas, tapetes, guantes, calcetines, suéteres, mochilas, entre muchos otros, La lana es una fibra suave y rizada que se obtiene principalmente de la piel de la oveja doméstica. También existen otros animales a partir de los cuales se fabrica lana, tales como: la alpaca, el camello, el guanaco, la cabra de cachemira, el conejo de angora, la llama, la vicuña, la cabra y mohair.

Según Sahed, D. (1999), químicamente, la lana es una fibra de proteína llamada queratina, que se caracteriza por su finura, elasticidad (se puede alargar hasta un 50% de su longitud sin romperse) y aptitud para el arieltrado. Estas características se deben a que la superficie externa de las fibras que la forman está constituida por escamas muy pequeñas, abundantes y puntiagudas que sólo están fijadas por su

base y encajadas a presión. Dependiendo del tipo de lana (según el animal del que proviene) las escamas varían en la finura y crispado (rizo) de la fibra, lo cual le proporciona más o menos elasticidad y resistencia. La elasticidad y la resistencia hacen que las *telas de lana* se deformen menos que los fabricados con otras fibras naturales. Estas particularidades le permiten ser utilizada preferentemente como fibra textil, además de su ligereza, sus propiedades aislantes y su capacidad para absorber humedad. El valor de la lana en el mercado depende de su finura y de la longitud de la fibra. También se considera su resistencia, elasticidad, cantidad de rizo y su uniformidad. Antiguamente, las ovejas salvajes tenían una primera capa corta y lanosa que estaba cubierta por una capa de pelo largo, tosco y recto. Este pelo ha desaparecido a lo largo del tiempo en las variedades domésticas, ya que las crías se han ido seleccionando para mejorar tanto la calidad como la abundancia de lana. Pero no sólo basta escoger a los mejores especímenes ya que también la producción de lana de oveja depende de la nutrición, del clima y de su cuidado.

B. FIBRAS ANIMALES

Sahed, D. (1999), manifiesta que las fibras de origen animal son muy variadas, la seda es quizá la fibra de origen animal de mayor aceptación por la fineza del hilado, pero las lanas también son fibras que ocupan un lugar especial, sobre todo para los habitantes de las zonas frías del planeta.

Maclaren, J. y Milligan, B. (2011), indica que las fibras animales están compuestas por una serie de moléculas proteínicas, que son ordenaciones atómicas en estructuras alargadas, que se encuentran unidas unas a otras, estas cadenas a su vez se encuentran enlazadas entre sí de forma paralela por eslabones laterales. Estos últimos puntos de enlaces son más débiles que las propias uniones de las cadenas, además son químicamente activos, por lo que cualquier cambio en el medio químico donde se encuentre la fibra, afectará la condición de estos puentes de enlace hasta adaptarse al nuevo medio, es decir, equilibrarse. Es posible encontrar tres tipos de puentes laterales, los salinos, los hidrogenados y los sulfurados. Los puentes salinos ocurren entre dos cadenas individuales, al coincidir áreas cargadas de radicales ácidos o básicos, son fácilmente debilitados por el

agua. Por su parte los puentes de hidrógeno son los que se rompen en presencia de soluciones salinas o metálicas, dichas soluciones vienen a ser los denominados mordientes. Los puentes sulfurados son los más fuertes, aunque es posible romperlos no conviene hacerlo, ya que la fibra se torna quebradiza e inservible. Las fibras de origen animal más comunes son las siguientes:

- Alpaca: Esta fibra es producida por un animal del mismo nombre oriundo de Sudamérica, de alrededor de un metro de altura, la fibra es larga, puede llegar a medir hasta 60 cm.
- Camello: Fibra producida por un camélido originario de Asia (China y Mongolia), es una fibra de color marrón muy perseguida por la polilla.
- Conejo de angora: Una fibra muy suave que se obtiene de la parte dorsal y ventral de los conejos, son usadas para infinidad de tejidos y para elaborar masajeadores para reumáticos.
- Llama: Fibra originaria de Sudamérica parecida a la alpaca, pero de menor fineza.
- Oveja: Este animal produce fibra de diversos colores, los más comunes son blancos y negros, es una de las fibras más conocidas y utilizadas a nivel mundial.
- Seda: Esta fibra es producida por larvas de ciertos tipos de mariposas, existe la seda de la morera (*Bombix mori*), la seda de "gusanos" silvestres. Es de llamar la atención que la seda es la única fibra de uso textil que no se hila, ya que de forma natural se produce el hilo.
- Vicuña: Esta fibra es producida por un camélido sudamericano de pelo muy fino, que está en peligro de extinción, ya que para obtener la fibra, es necesario sacrificar al animal.

C. QUE ES LA FIBRA DE LANA

Peña, L. (2002), indica que la fibra de lana es una estructura organizada, propia de la piel de los ovinos, que tiene su origen en el folículo y está compuesta por células muertas, cada una de ellas llena de una proteína fibrosa denominada queratina (presente también en las uñas, pezuñas, plumas, etc.). La lana es una fibra natural que se obtiene de las ovejas y de otros animales como llamas, alpacas, vicuñas, cabras o conejos, mediante un proceso denominado esquila. Se utiliza en la industria textil para confeccionar productos tales como sacos, cobijas, ruanas, guantes, calcetines, suéteres.

Para, Blanco, J. (2009) el termino lana, es un nombre aplicado a las fibras suaves y rizadas que se obtienen principalmente de la piel de las ovejas domésticas y se utilizan en la fabricación de textiles. La lana se diferencia del pelo por la naturaleza de las escamas que forman la superficie exterior de las fibras. Las escamas de la lana son abundantes, muy pequeñas, puntiagudas y están fijadas sólo por su base y encajadas a presión. El número de escamas varía con la finura y rizo de la fibra. Debido a este rizo, la lana tiene una elasticidad y una resistencia que hace que los tejidos de lana se deformen menos que los fabricados con otras fibras naturales. Otras características de la lana que la hacen especialmente adecuada para vestir son su ligereza, su capacidad para absorber humedad y sus propiedades aislantes. La lana fue una de las primeras fibras que se transformaron en hilos y telas, antes del inicio de la revolución industrial, las fibras se hilan a mano y las fibras de mayor uso eran la lana y el lino, con una gran importancia económica.

Según, Maclaren, J. y Milligan, B. (2011), la lana es un producto de la oveja utilizado desde tiempos muy antiguos para cubrir y abrigar los cuerpos de la especie humana, su nombre lana es aplicado a las fibras suaves y rizadas que se obtienen principalmente de la piel de las ovejas domésticas, estas fibras actualmente son muy apetecidas para la utilización en las fábricas textiles y artesanías, su calidad está determinada en base a las diferentes variedades de ovejas, que permiten seleccionar el tipo de lana a utilizar para un determinado producto.

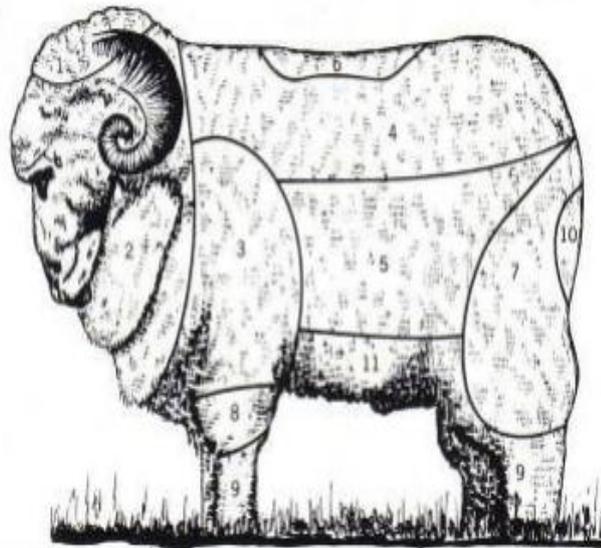
Palet, D. y Arboleda, M. (2008), mencionan que la lana al igual que el pelo, es una secreción de la epidermis. El paso de tejido vivo a tejido fibroso no es regular en toda la fibra sino que varía, por ello se presenta el fenómeno del rizado y sus diferencias estructurales. La secreción glandular que acompaña a la lana tiene como principal componente la lanolina, que es un éster de colesterol insoluble en agua. Las glándulas sudoríparas producen una serie de mezclas de sales orgánicas e inorgánicas, junto con la urea y algunos aminoácidos que en su conjunto se pueden eliminar mediante un lavado con agua caliente. La lana se diferencia del pelo por ser más corta (con un promedio de 7 cm), rizadas, (lanas buena calidad con un promedio de 30 rizos por pulgada, lanas de baja calidad con un promedio de 5 rizos por pulgada), y finas (con un promedio de 30 micras). Considerando pelo son fibras largas (más de 10 cm), por lo general sin rizos, existiendo finas y gruesas.

D. ORIGEN DE LA LANA

Gordon, J. (2010), señala que las especies salvajes de oveja tienen una primera capa corta y lanosa cubierta por una capa de pelo largo, recto y tosco. Este pelo ha desaparecido en las variedades domésticas; la cría selectiva de estos animales ha mejorado tanto la calidad como la abundancia de lana. La producción de lana también depende de la nutrición, del clima y de su cuidado. Las ovejas suelen esquilarse una vez al año, en primavera o a principios del verano. En las regiones donde el clima es templado todo el año se pueden esquilar dos veces. La lana se corta muy cerca de la piel con esquiladoras mecánicas y en una sola pieza, llamada vellón. El peso medio del vellón de una oveja de la mejor variedad es de 3-4,5 kg. También se obtienen pequeñas cantidades de lana de los corderos sacrificados para su consumo. La lana de las diferentes partes de la piel varía en cuanto a la longitud de la fibra, finura y estructura. La calidad es también distinta según las diferentes variedades de oveja.

Elvira, M. (2005), manifiesta que la oveja merina da la lana más fina; se ha cruzado con otras variedades para que produzca lana más tosca pero más larga. Cerca del 40% de la producción mundial de lana se obtiene de ovejas merinas, y un 43%, de variedades cruzadas. El resto procede en su mayoría de variedades especiales de

oveja y se utiliza en la fabricación de mantas, alfombras y tapicerías. Una pequeña parte de la lana empleada en la confección de ropa se obtiene de otros animales como el camello, la alpaca, las cabras de Angora y Cachemira, la llama y la vicuña. Los ovinos fueron introducidos en América por Colón, en su segundo viaje (1493). Los tejidos de lana son ampliamente usados en todas partes del mundo, donde son reconocidas sus muchas propiedades. Son tejidos flexibles, elásticos, absorbentes, cálidos y confortables, se les puede dar la forma que se desee, para adaptarlos al cuerpo como indica el Gráfico 1.



Regiones o partes del vellón	Descripción
1. Copete ('Topknot')	Lana inferior, liviana, corta y apelmazada.
2. Cogote ('Neck wool')	Liviana pero de mecha larga. Las arrugas pueden contener lana gruesa y apelmazada.
3. Paleta ('Shoulder wool')	La mejor lana de la oveja. Los clasificadores toman la lana de la paleta como estándar y ven cómo comparan las de las otras zonas con ésta.
4. Vellón comercial ('Fleece wool')	Lana vellón de buena calidad en promedio y habitualmente libre de materia vegetal.
5. Costillar ('Brisket wool')	Similar a 3 pero usualmente un poco inferior en calidad.
6. Lomo ('Back wool')	Propenso a abrirse y a estar sucio ('lomo flaco o terroso').
7. Cuarto ('Britch wool')	Más gruesa que el resto de las partes del vellón y, en muchos casos, propensa a ser medulada y contener semilla y apelmazamientos.
8. Brazuelo ('Arm piece')	Lana muy corta y con mucha semilla.
9. Garra ('Hairy shanks')	Peluda o medulada, contiene poca lana, se usa para manufacturas de baja calidad que contiene cerda de vaca o caballo, también para mezclar con otras lanas.
10. Puntas amarillas ('Stained wool')	Es una lana que no se lava a blanco y es tenida como de muy inferior calidad (lana teñida por orina/heces: se debe secar antes de enfardar) ¹ .
11. Barriga ('Belly wool')	Lana de buena resiliencia pero habitualmente con mucha semilla.

Gráfico 1. Zonas de la cobertura que dan origen a diferentes tipos de lana

E. TIPOS DE LANA

Cayuela, D. y Gacén, I. (2008), da a conocer que el valor de la lana en el mercado depende de su finura y de la longitud de la fibra. También se tiene en cuenta su

resistencia, elasticidad, cantidad de rizo y su uniformidad. El procesado de la lana genera dos productos diferentes: lana cardada y lana peinada. En el sistema de cardado las fibras se cardan y después se hilan. En el sistema de peinado, las fibras se peinan y se separan las largas de las cortas; las cortas se cardan y con las largas se forman unas hebras, llamadas estambres, preparadas para su hilado. En este sistema es importante que las fibras tengan una longitud uniforme, ya que las fibras cortas son difíciles de hilar. Para lana cardada se pueden utilizar fibras mezcladas de diferentes longitudes. Las lanas finas se clasifican según la longitud de la fibra. Las fibras más largas se peinan para hacer estambres de lana peinada; las cortas se hilan y tejen para fabricar tejidos de lana cardada.

Montossi, F. (2009), indica que los tejidos de lana deben llevar su etiqueta identificativa que indique el porcentaje de lana y la descripción de la fibra empleada, es decir, si es virgen, reprocesada o reutilizada. La lana virgen es la lana nueva, que no se ha utilizado antes para hacer otro tejido. La lana reprocesada es la que se aprovecha de restos de otros tejidos y se reprocesa en uno nuevo. La lana reutilizada es fibra recuperada de tejidos usados, rehilada y retejida. Esta categoría es hoy menos importante debido a la competencia de las fibras sintéticas. El tema en la calidad de la lana varía por muchos factores por ejemplo: los factores climáticos, el manejo del hombre, la nutrición animal y principalmente el cuidado con respecto a la sanidad, la lana generalmente se la clasifica de la siguiente manera:

- Lana esquilada: Se obtiene de las ovejas vivas.
- Lana apelmbrada: Se la obtiene de las pieles de ovejas muertas, o de ovejas para la obtención de carnes y cueros.
- Lana bruta: De desperdicios procedentes de las distintas operaciones a que es sometida la lana.
- Lana reutilizada o reprocesada: De prendas de vestir, de recortes, de desperdicios de telas e hilos.

1. Lana esquilada

Para Baez, M. (2005), la lana esquilada se divide en las siguientes clases, según la edad de los animales como se puede ilustrar en la Fotografía 1.



Fotografía 1. Obtención de la lana por esquilado.

Para Gordon, J. (2010), la lana primera de cordero o añina: Se denomina así a la lana que procede del primer esquila del animal joven (entre los cuatro meses y un año de vida), en general se caracteriza por la finura, pero poca resistencia de la fibra como característica principal esta fibra termina en punta.

- Lana borrega: Es lana que se obtiene del segundo esquila, suministrando fibras más resistentes que la lana primera de cordero o añina.
- Lana de oveja madre o de cordero: La proporcionan los animales adultos, y de ellos procede la cantidad más importante que se recoge para su transformación. Los índices de resistencia y elasticidad considerados como normales, se refieren, por consiguiente, a esta clase de lana. Según la obtención de la lana esquilada tenemos las siguientes clases:
- Lana suarda: Aquella que luego del esquila se encuentra sin lavar y se almacena en pacas, para evitar que se dañe la fibra debido a la acción de bacterias presentes en este tipo de lana, especialmente si el ambiente es cálido y húmedo, es necesario evitar mantener la lana sucia por demasiado tiempo.

- Lana lavada a lomo: Esta lana se lava en el mismo animal vivo antes del esquila, a este tipo de lana no se la consigue con facilidad, al animal se lo hace cruzar por dos pozos de agua en movimiento y luego se esquila.

2. Lana apelmbrada

Laguna, D. (2010), indica que dentro de la clasificación de la lana denominada apelmbrada, se encuentra la lana muerta y la lana de piel.

- Lana muerta: La lana muerta es suministrada por los animales muertos y su calidad varía considerablemente según la edad del animal, raza y la forma en que las fibras han sido separadas de la piel del animal. Este tipo de lana es la de menor valor comercial.
- Lana de piel: Se obtiene en las tenerías, donde se efectúa el pelaje con ayuda de cal y sulfuro, estos productos pueden dañar considerablemente la constitución química de las fibras y que afectan en la calidad. La cal residual de la lana es eliminada por un tratamiento especial en el proceso de lavado.

3. Lana bruta

López, F. (1988), explica que en esta clasificación se hallan las fibras provenientes del borra o noil de peinadora, e inclusive de cardas, es decir, pelos cortos que contienen bastante grasa (ensimaje), procedente de los diferentes procesos de hilatura.

4. La lana reutilizada o reprocesada

Cayuela, D. y Gacén, I. (2008), reporta que este tipo de lana proviene de los trapos, prendas e hilos de lana que han sido previamente deshilachados. Por lo general a este tipo de lana se la mezcla con la lana nueva para mejorar su calidad. Los géneros de tejido de un punto son la mejor fuente de obtención de fibras, por su

longitud y poder fieltrante. Por lo general este tipo de fibras se emplea para la fabricación de telas de servicio como son: entretelas, forros y telas gruesas y rígidas. Por la acción del proceso de deshilachado las fibras pierden algunas propiedades deseables que tiene una lana virgen, por esta razón las fibras se rompen por acción mecánica o por desgaste a los diferentes procesos que han sido sometidas. Las fibras no son tan resistentes, fuertes o durables como la lana nueva o virgen.

F. PRODUCCIÓN DE LANA

Binchi, G. (2000), menciona que Australia es el mayor productor de lana en bruto, con el 29% de la producción mundial. Otros países productores importantes son Nueva Zelanda, Argentina, Sudáfrica y Uruguay. Los principales importadores son los países de Europa occidental, Estados Unidos y Japón. Los países de la antigua URSS y China tienen una producción lanera importante, pero orientada a cubrir las necesidades de su propia industria.

Nubiola, J. (2010), explica que la situación actual de muchos sectores agropecuarios en nuestro país (dentro de ellas de camélidos y ovinos), demuestran una falta de integración entre los agentes productivos, los cuales por el contrario, compiten individualmente entre sí (proveedores de insumos, intermediarios, medios de transformación, comercialización, etc.). En este mundo globalizado, los niveles de competencia se hacen más exigentes, por lo que se tiene que empezar a trabajar a nivel de una competencia entre cadenas productivas, para lograr el desarrollo del sector agropecuario en Ecuador. Sin embargo en estos últimos tiempos debido a que el precio de la lana de ovinos ha mantenido niveles bajos, el productor rural ha destinado ésta para autoconsumo o uso familiar, estimado entre un 5 a 10% de la producción.

G. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA LANA

Sánchez, R. (2003), afirma que las principales características de la lana se describen a continuación:

1. Diámetro

El mismo Sánchez, R. (2003), manifiesta que el diámetro es la característica más importante, ya que determina los usos finales de la lana. Estimaciones norteamericanas, establecen que el diámetro tiene una importancia relativa del 80% en el precio de lana. Las lanas finas son para fabricar artículos de vestir, suaves y de gran calidad. Las lanas medianas se emplean en telas medianas y pesadas. Las lanas gruesas se destinan para la fabricación de alfombras. En las distintas regiones del cuerpo del animal el diámetro no es uniforme, existiendo variaciones. En este sentido, la lana de la paleta es más fina que la del costillar, mientras que la lana más gruesa aparece en los cuartos, los factores que afectan el diámetro son:

- La raza: Es bien conocida la diferencia en diámetro entre un Merino y un Romney, para citar casos relativamente extremos.
- Sexo: Incide en el diámetro; dentro de una misma raza los carneros presentan lana más gruesa que los capones y estos a su vez más gruesa que las ovejas.
- Nutrición: Afecta al diámetro; animales sometidos a altos niveles de nutrición, engrosan su lana. Mientras que lanares que soportan una deficiencia nutritiva, la afinan.

2. Largo

Para Benavides, P. (2010), el largo es la segunda característica en orden de importancia, luego del diámetro, representando 15-20% del precio, según investigaciones en U.S.A. su importancia radica en determinar el destino que llevará la lana durante el proceso industrial. Existen dos sistemas de hilado: el peinado y el cardado, los cuales producen hilados de características y valor diferente. Es el largo de la fibra en un año de crecimiento. De heredabilidad alta, es un carácter ligado a la raza y edad del animal y está correlacionado negativamente con el diámetro. Así en las razas de lana fina, la longitud de la fibra es de 5 a 9 cm, alcanzando valores superiores a 30 cm. en las razas de lana basta.

3. Resistencia

Sánchez, R. (2003), menciona que la lana sea lo más resistente posible a la tracción. Existe variación del diámetro a lo largo de la fibra, variación debida fundamentalmente a factores ambientales, particularmente la nutrición. Por ejemplo, una fibra de lana de 30 micras de diámetro tiene una resistencia a la tracción de 16 gramos. La misma fibra pero debilitada, resiste a lo sumo 11 gramos. Es importante destacar que el mínimo de resistencia necesario para que la lana pueda ser trabajada en la industria es de 8.5 gramos, para lanas de 30 micras.

4. Color

Palet, M. (2008), señala que, el color de la lana sucia es importante para el comprador de la lana, y que coloraciones pueden ser eliminadas por el lavado y cuáles no, en la industria, sin embargo, el color que interesa es el que presenta la lana luego de que ha sido lavada, es decir luego que fue quitada la suarda y el polvo, se puede predecir cuales de los colorantes son los que desaparecen con el lavado. La industria está interesada en que el color de lana sea lo más blanco posible, ya que eso permite que la lana sea teñida con una gama más amplia de colores. Hay lanas que presentan alguna coloración que no desaparece con el lavado, tiene limitados los colores con los cuales pueden ser teñidas (solo pueden ser teñidas con colores oscuros). Por su naturaleza la lana puede ser de color blanco, crema, gris y negra.

5. La calidad de la lana

Hidalgo, L. (2004) indica que la calidad de lana supone un buen criterio en la presentación de los lotes, aplicando las normas adecuadas. Mayor calidad mejor respuesta en la comercialización. A mayor calidad, mejor precio del producto. El concepto de buena lana debe comprender a la majada en general. No a un solo animal en particular. Comienza con el cuidado nutricional y sanitario de la majada.

Sigue con una correcta esquila, y una adecuada separación de las diferentes categorías de lana para lograr un lote lo más homogéneo y uniforme posible. Los factores a tener en cuenta según su importancia son:

- Resistencia al lavado y peinado: es de primordial importancia para conocer la cantidad de fibras presente para ser industrializado.
- Cantidad y tipo de contaminación vegetal: este factor es de suma importancia para predecir la pérdida de fibras y rotura de la misma, especialmente durante el cardado.
- Diámetro medio de la fibra: controla el 80% de la habilidad. Importante para conocer el destino industrial de la lana.
- Coeficiente de variación o uniformidad de diámetro: dada a la variabilidad natural que existe en el vellón, este parámetro no es tan importante, siempre que no supere parámetros considerados normales para las distintas razas.
- Promedio de largo de la fibra: solo al alcance del observador por apreciación directa. Su menor importancia radica en que el 2/3 partes de las fibras se rompen al cardado.
- Uniformidad, regularidad de los largos de mecha y resistencia: con un 30% de variabilidad en el mismo vellón es un parámetro considerado importante para determinar la calidad de lana.
- Suavidad, lustre, ondulaciones y color después del lavado: parámetros complementarios a tener en cuenta.

Para Torraca, A. y Aguirre, A. (2000) indica que el análisis proveniente de una muestra tomada de los fardos por medio del caldo de los mismos brinda información mínima e indispensable para valorizar adecuadamente su lana:

- Deben calarse la totalidad de los fardos vellón que componen el lote general. El calador debe colocarse en dirección siguiendo la forma en que fue ejercida la presión al armar el fardo.
- Las muestras deben recolectarse en bolsas de polietileno y quedar herméticamente cerradas.
- Evitar que las muestras se mojen o que queden abiertas con posterioridad a su toma y no deben ser expuestas al sol en forma directa durante un tiempo prolongado.

Según Torraca, A. y Aguirre, A. (2000), para que un lote de lana sea considerado de muy buena calidad de contar con las siguientes cualidades:

- Mantener una finura uniforme, el largo de mecha se debe corresponder con la finura y estar dentro de los valores considerados “standard” para la raza.
- Buena uniformidad de los largos de mecha, de modo que queden agrupadas las lanas con similar tiempo de crecimiento.
- No deben hacer coloraciones permanentes, además debe presentarse blanco y mantenerse así después del lavado.
- No contener fibras de otros colores, negras o marrones, y debe estar exenta de contaminación vegetal.
- Ser suave al tacto, Buena resistencia a la tracción, tener regularidad y excelente arquitectura de las ondulaciones, además la lana debe estar libre de todo defecto o enfermedad.

H. VIRTUDES DE LA LANA

Peña, L. (2002), manifiesta que las virtudes de la lana de ovinos son las que a continuación se detallan:

- Inflamabilidad
- Higroscopicidad
- Termoaislante
- Generadora de calor
- Liviana
- Elástica
- Fuerte y durable
- Tinción rápida
- Afieltrable

I. ESTRUCTURA DE LA LANA

Rodellino, L. (2008), sostiene que la fibra de lana está formada por dos capas netamente diferenciadas, la cutícula y la corteza, y en determinado tipo de fibras puede existir una tercera capa, la medula. La cutícula comprende aproximadamente un 10% del total de la fibra y está formada por las características escamas que confieren a la lana alguna de sus propiedades. En las lanas finas una sola escama puede envolver la totalidad de la fibra formando como anillos tubulares de bordes relativamente salientes, mientras que en lanas mucho más gruesas se necesitan varias escamas para recubrir todo el perímetro y son en general más grandes y aplanadas.

Hidalgo, L. (2004), reporta que cuando el perímetro en general es más grande y plano afecta fuertemente el brillo, ya que la reflexión de la luz incidente será mayor que en estas lanas de escamas planas y lisas que en las merinas, donde sus bordes más prominentes dificultarán parte de esta reflexión. Será necesario un alto efecto de planchado y fijado en éstas lanas finas para obtener el brillo apetecido. Alrededor de la corteza o cutícula existe una capa mucho más fina, la epicutícula, formada por polisacáridos que confiere una extraordinaria resistencia química al conjunto y que dificulta el acceso de sustancias extrañas a la lana. Es la responsable de la extraordinaria resistencia de la lana a los ácidos, fuertes.

Rodellino, L. (2008), reporta que dentro de la estructura escamosa de la cutícula se encuentran tres zonas que se diferencian en los porcentajes de azufre total: la exocutícula es la zona más queratinizada, la mesocutícula es la zona intermedia, Y la endocutícula en el interior de la escama y sinqueratinizar es por lo tanto la más susceptible de sufrir los ataques de ácidos, álcalis y parcialmente digerible por la tripsina.

Además Rodellino, L. (2008), afirma que el cortex es el componente fundamental de la lana y la resistencia mecánica de ésta es mayor cuando más alto sea el porcentaje de cortex en su composición, está formado por células fusiformes de una longitud entre 80-100 μ y una anchura de 25 μ que tienen una estructura parcialmente cristalina. Las células corticales están formadas por una serie de fibrillas más pequeñas llamadas macrofibrillas que a su vez se subdividen en otras más pequeñas. Las secreciones sudoríparas tienen forma de tubos y desembocan en un poro de la piel por medio de un conducto excretor. Las glándulas sebáceas aparecen como racimos cuyo conducto excretor se abre en la parte interior y superior del folículo.

1. Partes constituyentes

Palet, D. (1988), aclara que la fibra de lana está formada por una cutícula, corteza o capa cortical y médula que en las lanas finas casi no existe, como se ilustra en el Gráfico 2.

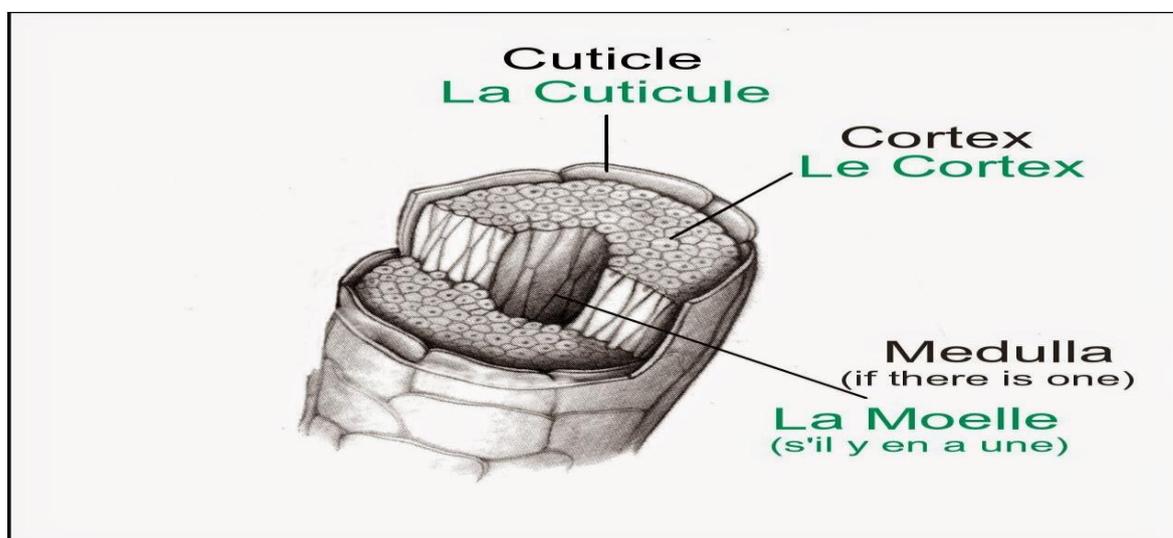


Gráfico 2. Partes constitutivas de la lana.

2. La cutícula

Para Sola, J. (2000), la cutícula está formada por epicutícula y una copa cornea no fibrosa de escamas, en las lanas finas las escamas cubren por completo a la fibra en forma de telescopio. En las lanas medias y gruesas, la distribución de las escamas se asemeja a las tejas de un techo o a las escamas de un pez. Los extremos libres de las escamas se proyectan al exterior y orientan hacia la punta de la fibra. Provocan irritación en la piel de algunas personas. El revestimiento de escamas da a la lana su resistencia a la abrasión y su propiedad de a fieltarse. Dependiendo del diámetro de la fibra, el número de escamas necesarias para cubrir una circunferencia de la fibra varía considerable. El promedio de altura de una escama es de 28μ y el promedio de ancho, de 36μ el espesor varía entre 0.5 y 1μ . La epicutícula es una membrana delgada no proteica que recubre a las escamas. Esta capa proporciona la repelencia al agua de las fibras; se deteriora fácilmente por tratamiento mecánico.

3. La corteza o capa cortical

Para Sola, J. (2000), es la parte o cuerpo principal de la fibra. Está formada por células largas y planas en forma de cigarrillos (fusiformes), colocadas en sentido longitudinal, que tienen un núcleo cerca del centro. Estas células miden, como promedio, de 80 a 110μ de longitud, de 2 a 5μ de ancho y de 1 , 2 , 6μ de grosor o espesor. En el centro de cada una de las células corticales existe un núcleo, el cual tiene una estructura granular; la presencia de fibrillas en estas mismas células son las que les dan un aspecto estriado. La elasticidad y el alargamiento de la lana se deben a la capa cortical de la fibra. En las lanas de color natural, las células corticales contienen melanina, un pigmento colorido. Como las células corticales en ambos lados de la fibra de lana contienen una composición química algo diferente y reaccionan en distinta forma a la humedad, a la lana se la considera una fibra natural bicomponente.

Sola, J. (2000), afirma que un lado de la fibra se humedece y esto provoca una disminución en la ondulación natural de la misma. Cuando la fibra se seca, la

ondulación se recupera. En las mejores lanas merinas hay hasta 30 ondulaciones por pulgada, mientras que en las lanas de baja calidad apenas hay 5. Se ha descrito la lana como una hélice molecular gigante que forma un resorte de extraordinaria elasticidad. Esta resistencia es excelente cuando la fibra está seca y muy baja cuando está húmeda. Si una tela seca es estrujada en la mano, tiende a recuperar su forma original al disminuir la presión. La fibra de lana se puede estirar hasta el 25 a 30% de su longitud original. Cuando se aplica una fuerza, las ondas y dobleces de la fibra se enderezan y al retirar este esfuerzo la fibra recupera su longitud original. La recuperación es más lenta cuando la tela está seca. El vapor, la humedad y el agua impiden la recuperación. A esto se debe que una prenda de lana pierde sus arrugas con mayor rapidez cuando se cuelga sobre un recipiente con agua hirviendo que la vaporice. Se dice que la lana en agua tiene elasticidad perfecta.

4. Médula

Blanxart, D. (1010), indica que la médula es la parte central de la lana, está compuesta de células, generalmente de forma poliédrica. El diámetro de estas células varía de 1 a 7 μ . La médula es un núcleo con estructura parecida a la de un panal que contiene espacios de aire que incrementan el poder aislante de la fibra. Al microscopio la médula aparece como un área oscura y es útil en la identificación de la fibra pero no influyen en su color.

J. ESTRUCTURA FÍSICA

Según Tronfi, A. (2006), se distinguen dentro de las principales propiedades físicas de las fibras de lana, las siguientes:

1. Elongación y elasticidad

Los conceptos de elongación o estiramiento y elasticidad están íntimamente relacionados. La elongación es la propiedad que le permite a la lana estirarse en

gran medida sin romperse, por lo que se la considera una fibra de alta resistencia a la rotura. Una fibra de lana puede estirarse por encima de 50% de su longitud original. Es fácil comprender esta característica luego de haber visto anteriormente las formas ondulatorias de sus fibras. Cuando las largas moléculas se unen entre sí forman un verdadero resorte lineal que no solo le permiten estirarse sino además recuperar su forma original cuando ha cesado el estiramiento, propiedad conocida como elasticidad o resiliencia (Tronfi, A. 2006).

Redlana, A. (2015) Al estirar una fibra de lana, los enlaces transversales entre las moléculas se han desplazado quedando oblicuos, mientras dura el estiramiento. Al cesar el mismo los enlaces de unión recuperan su posición original. Una alta capacidad de estiramiento es muy valorada en los procesos de industrialización tales como cardado, peinado e hilado, pues las fibras se someten a importantes tensiones, y una baja capacidad de estiramiento provoca roturas y desperdicios, disminuyendo la productividad. La alta capacidad de elasticidad la lana es muy valorada por confeccionistas y usuarios de vestimentas y artículos de decoración como alfombras, ya que las mismas resisten a las arrugas y deformaciones por el uso.

2. Absorción de humedad

Mejia, F. (2014), menciona que, esta es una de las mayores ventajas de la fibra de lana con respecto a otras fibras, debido a que es capaz de absorber hasta un 30% en peso de vapor de agua, sin tener la sensación que esté húmeda. Algunos investigadores afirman que en ciertas calidades de lana ese valor puede llegar hasta el 40 ó 45%. Pero esta capacidad de absorción de vapor de agua por la fibra, no significa que se humedece (ver punto siguiente), pues el agua no se adhiere a la superficie de la lana sino que se introduce dentro de la fibra en forma de vapor, sufriendo una poderosa retención. Hay un proceso termodinámico de intercambio calórico muy interesante para tener presente. Como ya vimos, las moléculas de agua se absorben y quedan alojadas dentro de la propia estructura de la fibra. Este proceso es exotérmico, es decir, libera calor, y en condiciones de frío y humedad una prenda de lana nos resulta cálida porque estamos recibiendo ese calor

desprendido, además del beneficio de sus cualidades como aislante térmico. Pero cuando tenemos condiciones ambientales cálidas y secas, pierde el vapor de agua retenido hacia el ambiente, y absorbe para ello el calor del cuerpo humano y el tejido nos otorga una clara sensación de frescura. Esta característica de poseer propiedades opuestas, es muy poco frecuente en otras fibras. A la lana, le cuesta secarse, y cuando está aparentemente seca puede contener todavía un 15% de agua por peso de fibra sin que se note.

3. Repelencia Superficial

Además, Mejia, F. (2014), indica que la lana repele superficialmente a los líquidos acuosos, debido a la impermeabilidad que le confiere una capa muy delgada de material ceroso sobre la superficie de la fibra. Esta capa actúa como un repelente natural de líquidos y, ese comportamiento hidrófobo, hace que no se produzca el erizado de las fibras por la presencia de agua. Los hilados y tejidos de lana conservan una apariencia sedosa y seca. Además estas ceras naturales que repelen a los líquidos acuosos, impiden que éstos penetren dentro de las fibras y puedan causar un manchado permanente, por lo que podemos también hablar de una resistencia al manchado y a la facilidad de limpieza. Para lograr este mismo efecto sobre otras fibras, es necesario realizar la aplicación de un proceso de acabado hidrófugo.

4. Aislación térmica

Tronfi, A. (2006), menciona que la lana atrapa agua dentro de sus fibras, pero también es importante la propiedad de atrapar aire, por un mecanismo físico similar. La habilidad de aislación térmica del frío es debida principalmente al volumen que el rizo de lana produce en una prenda y qué permite atrapar el aire dentro de su estructura fibrilar. Las prendas de lana son más abrigadas en invierno y más frescos en verano debido a esa aislación térmica, junto a las propiedades de absorción de agua (como ya hemos visto anteriormente). En las prendas, el volumen del tejido dificulta el intercambio térmico entre una y otra cara. Para dar una clara referencia en términos numéricos de la relación de superficies, si se toma 1000 gramos de

lana merina fina y se extiende en una superficie plana, se cubren 200 m². Ello da idea de cuánto aire puede albergar dentro de sí, e inmovilizarlo, un tejido de lana de gran calidad. Esa gran cantidad de aire inmóvil retenido en los intersticios de las fibras, origina la aislación térmica. Otro factor adicional lo constituye la superficie esponjosa del tejido que al no adherirse a la piel, deja entre ésta y el tejido una primera capa de aire que hace de aislante.

5. Flexibilidad

Según, Tronfi, A. (2006), La flexibilidad es la propiedad de una fibra para poder doblarse con facilidad, sin quebrarse o romperse. Esta propiedad presente en las fibras de lana es de gran importancia para la industria textil, en hilados y en tejidos. Pero esta flexibilidad está complementada con una propiedad muy apreciada en las telas, que es la fijación de la formas por procesos especiales. Por ejemplo se puede lograr un plisado de un género de lana (como se ilustra en la imagen de la izquierda), si se somete al mismo a ciertas condiciones de humedad, presión y temperatura.

6. Afieltrado y Encogimiento

Tronfi, A. (2006), indica que la descripción de la estructura morfológica de las fibras de lana, su superficie está compuesta por escamas solapadas con bordes salientes. Cuando las fibras se mueven una contra otra, en especial cuando se tiene altas condiciones de temperatura y humedad, las escamas pueden trabarse entre sí y dar lugar a un efecto de mayor cohesión y resistencia. Esta característica puede constituir tanto una ventaja como una desventaja, según si el encogimiento y el afieltrado son resultados buscados o no.

Tronfi, A. (2006), indica que este fenómeno único de la lana ha permitido producir productos especiales: los fieltros de lana, conocidos desde la antigüedad y utilizados aún en la actualidad, en la producción de abrigos, telas para sombreros, y otros usos. Pero si el afieltrado se produce en tratamientos húmedos como un

efecto adverso, no buscado, puede generar encogimiento en un género o prenda de lana. Hay formas de prevenirlo, consistente en la aplicación de resinas tipo melamínicas sobre la superficie del género, quedando a resguardo de tal efecto. Otras propiedades físicas de la lana son:

- Moderada resistencia a la abrasión
- Alta resistencia al calor e inflamabilidad
- Importante generación de electricidad estática
- Bajo peso específico
- Lustre variable en función de razas
- Buena capilaridad y penetrabilidad en el teñido

K. ESTRUCTURA QUÍMICA

Hidalgo, L. (2004), reporta que de una manera muy elemental puede decirse que la composición de la piel fresca está formada por un retículo de proteínas fibrosas bañadas por un líquido acuoso que contiene proteínas globulares, grasas, sustancias minerales y orgánicas.

- Agua: 64 %
- Proteínas: 33 %
- Grasas: 2 %
- Sustancias minerales: 0,5 %
- Otras: 0.5%

Medina, R. (2004), afirma que entre estos valores destaca el elevado contenido de agua en la piel. Aproximadamente un 20% de esta agua se encuentra combinado con las fibras de colágeno de forma similar. Del total de proteínas que tiene la piel aproximadamente un 94 a 95 % es colágeno, 1 % elastina, 1 a 2% queratina y el resto son proteínas no fibrosas. La piel vacuna contiene poca grasa, la de cerdo de 4 a 40 %, en los ovinos de 3 a 30 % y en las de cabra de 3 al 10 %. Estos porcentajes

están calculados sobre piel seca, de estas cantidades el 75 a 80 % son triglicéridos. Las proteínas de la piel se clasifican en dos grandes grupos: Fibrosas y globulares.

- Las proteínas fibrosas son las queratinas, el colágeno y la elastina, a las globulares pertenecen las albúminas y las globulinas. Las queratinas son las proteínas que forman el pelo y la epidermis, su característica es; el elevado contenido en su molécula del aminoácido cistina, cuyos porcentajes sobre peso de proteína varían entre los valores de 4 al 18%. Químicamente es más reactivo que la elastina pero menos que las proteínas globulares.
- Las proteínas globulares se encuentran en la piel formando parte de la sustancia intercelular, proceden del protoplasma de las células vivas de la piel. Son muy reactivas químicamente y fácilmente solubles.

Mientras que, Argemento, D. (2009), indica que la estructura química de la lana están dado por los siguientes puntos:

- Efecto de los álcalis: La proteína de la lana, que recibe el nombre de queratina, es particularmente susceptible al daño de álcalis. Por ejemplo, soluciones de hidróxido de sodio al 5%, a temperatura ambiente, disuelven la fibra de lana.
- Efecto de los ácidos: La lana es resistente a la acción de los ácidos suaves o diluidos, pero en cambio los ácidos minerales concentrados, como por ejemplo, el sulfúrico y el nítrico provocan desdoblamiento y descomposición de la fibra. Sin embargo, soluciones diluidas de ácido sulfúrico son usados durante el proceso industrial de la lana, para carbonizar la materia vegetal adherida a las fibras.
- Efecto de los solventes orgánicos: La mayoría de los solventes orgánicos usados comúnmente para limpiar y quitar manchas de los tejidos de lana, son seguros, en el sentido que no dañan las fibras de lana.

L. ESTRUCTURA BIOLÓGICA

Sánchez, R. (2003), expresa que las estructuras biológicas de la lana están dado por los siguientes puntos:

- **Microorganismos:** La lana presenta cierta resistencia a las bacterias y los hongos; sin embargo, estos microorganismos pueden atacar las manchas que aparecen en la lana. Si la lana es almacenada en una atmósfera húmeda, aparecen hongos, que incluso pueden llegar a destruir la fibra. Por otra parte, las bacterias que producen podredumbres pueden destruir la fibra, si la lana permanece mucho tiempo en humedad y polvo.
- **Insectos:** Desde el momento que la lana es una proteína, y que por lo tanto puede ser considerada un producto alimenticio modificado, presenta una fuente de alimento para distintos tipos de insectos. Las lardas de la polilla de la ropa y de los escarabajos de las alfombras, son los predadores más comunes de la lana; se estima que estos insectos dañan varios millones de kilos de tejido de lana cada año. Se han sugerido varios tratamientos para prevenir este daño, tal es el caso de la fumigación de tejidos de lana con insecticidas, o la aplicación de productos químicos que reaccionen con las moléculas de lana, y causen que la fibra no sea palpable para los insectos. Otro sistema es el de poner, en la cercanía de la lana, sustancias que despidan olores nocivos para los insectos.

M. GENERALIDADES DEL ESCARMENADO DE LA LANA

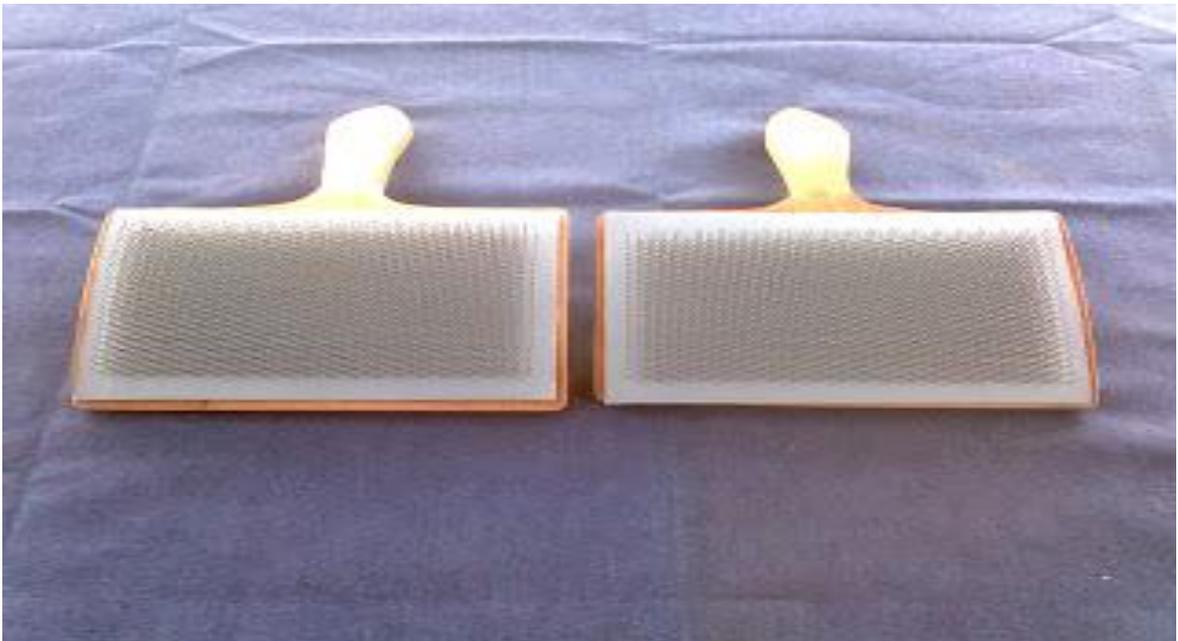
1. Escarmenado de la lana forma convencional

Villa, P. (2013). Señala que para poder hilar la lana de oveja, después de lavar el vellón y secarlo, es necesario escarmenar la lana, abrir los mechones, retirar las impurezas, y ordenar las fibras en una misma dirección. Se puede hacer a mano, pacientemente, pero también hay algunos implementos que ayudan en esta parte del trabajo, por ejemplo, las cardas manuales, como se indica en la Fotografía 2.



Fotografía 2. Paletas de contrachapado curvo

Villa, P. (2013), indica que son dos paletas cortadas de una madera contrachapada curva, que tienen una de sus superficies cubierta de púas o puntas de metal, en una cierta densidad, comúnmente entre 70 y 100 púas por pulgada cuadrada, como se ilustra en el a Fotografía 3.



Fotografía 3. Cardas Manuales - Hand Carders

El Uso de las Cardas Manuales contempla los siguientes puntos, que se ilustran en la Fotografía 4.

- En una de las paletas se va engancho mechones del vellón siempre en la misma dirección.



Fotografía 4. Instrumentos utilizados para la carda manual.

Villa, P. (2013), menciona que al usarlas, una en cada mano, con movimiento de arrastre de una paleta sobre la otra, las fibras se van desenredando y ordenando, y las impurezas van quedando en la parte de más abajo de las paletas, o se van soltando y cayendo de ellas.

Cuando la lana ya está ordenada, se retira esta especie de paño de la paleta, enrollándolo sobre sí mismo. Para hilar la lana se toman desde la punta del rollo algunas hebras y estirándolas se hace una cinta que se irá torciendo en la rueca, formándose el hilado; más grueso o más delgado, según la cantidad de fibras que se dejen pasar, y según el deseo, la habilidad y práctica de la persona que está hilando.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Fibras y Lanasy de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, situada en la Panamericana Sur Kilómetro 1½, parroquia Lizarzaburu, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo, a una altitud de 2740 msnm, 78° 4' de longitud de Oeste y a una latitud de 1° 38' Sur, las condiciones meteorológicas en las que se realizó la presente investigación se describieron en el Cuadro 1.

Cuadro 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.

Parámetros	Valores
Temperatura promedio, °C	13.50
Humedad relativa, %	60.50
Precipitación, mm/año	360.0

Fuente: Estación Agrometeorológica de la F.R.N., ESPOCH (2016).

La presente investigación Tuvo una duración de 60 días, los cuales fueron distribuidos conforme a las necesidades de tiempo para cada actividad a partir del diseño, construcción y pruebas piloto del prototipo de escarmenado de la lana.

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

La presente investigación se desarrolló a cabo en dos parámetros muy importantes:

1. Diseño y construcción

Para el diseño y construcción del prototipo de maquinaria para el escarmenado de lana ovina se llevó a cabo en una mecánica ya que el laboratorio de Fibras y Lanasy no dispone de todos los materiales necesarios para su construcción. Una vez

culminado el trabajo de diseño y construcción, la maquinaria se implementó en la Facultad de Ciencias Pecuarias en el Laboratorio de lanas y fibras en donde se realizaron pruebas piloto a la máquina en el laboratorio de Fibras y lanas de la ESPOCH.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

1. Materiales

- Lana ovina
- Overol
- Esferos
- Libretas
- Marcadores
- Letrero de identificación
- Materiales de limpieza

2. Herramientas

- Martillo
- Hojas metálicas
- Rieles
- Palas
- Electrodo
- Alambre
- Clavos
- Madera

3. Equipos

- Balanza de campo
- Soldadora
- Cámara fotográfica

- Computadora
- Tarjeta flash memory

D. MEDICIONES EXPERIMENTALES

Los parámetros que se tomarán en cuenta en la presente investigación fueron:

1. Mediciones experimentales para la máquina escarmenadora

- Capacidad de producción (kg/h)
- Tiempo (min)
- Rendimiento (%)
- Capacidad de Ruido (db)

2. Mediciones experimentales para la lana escarmenada

- Resistencia a la tensión (N/cm²)
- Elongación (N/cm²)
- Porcentaje de motas %

3. Análisis Sensoriales para la lana escarmenada

- Tacto (Puntos)
- Vista (Puntos)
- Pureza (Puntos)

E. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE TIPO DESCRIPTIVO

En la presente investigación el diseño y construcción fueron analizadas mediante la estadística descriptiva con resultados de campo y de laboratorio de fibras y lanas

generados en la propuesta investigativa fueron sometidos a las siguientes estadística descriptiva e inferencial

- Media
- Mediana
- Moda
- Desviación estándar
- Varianza
- Prueba de t'student
- Análisis económico a través del indicador costo de equipo instalado.

F. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con el objetivo de diseñar y construir un prototipo mecánico para la escarmenado de la lana de ovino, se realizó en una mecánica de la ciudad de Riobamba, posteriormente fueron instalados en el Laboratorio de Fibras y Lanasy de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el Km 1 ½ de la panamericana Sur en el Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo se seguirá el siguiente proceso:

- En primera instancia se procedió a realizar el diseño del prototipo de la escarmenadora de la lana ovino mediante el uso de cálculos de ingeniería y técnicas de resistencia de materiales.
- Se realizó el control y selección del material a utilizar en la elaboración del prototipo mecánico.
- Posteriormente se realizó la construcción del prototipo en una mecánica de la ciudad de Riobamba adecuando los materiales apropiados para obtener un equipo de calidad acogiéndose a los estándares nacionales del producto.
- Se instaló el prototipo de escarmenado de lana ovina en el Laboratorio de Fibras y Lanasy de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Finalmente se procedió a

la realizar las pruebas piloto del prototipo de escarmenado de lana ovino. En este punto se estimó los resultados mediante las medidas experimentales propuestas en la presente investigación.

G. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló a cabo en dos parámetros muy importantes:

1. Diseño y construcción

Para el diseño y construcción del prototipo de maquinaria para el escarmenado de lana ovina se llevó a cabo en una mecánica en la ciudad de Riobamba, puesto que el laboratorio de Fibras y Lanos no dispone de todos los materiales necesarios para su construcción. Una vez culminado el trabajo de diseño y construcción, la maquinaria se implementó en la Facultad de Ciencias Pecuarias en el Laboratorio de lanas y fibras en donde se realizarán pruebas piloto a la máquina.

2. Capacidad de producción

Para determinar la capacidad de producción de la lana realizamos 5 repeticiones de escarmenado con muestras de 200 gramos.

3. Capacidad de ruido

Para la medición del nivel de ruido en la maquina escarmenadora se utilizó un sonómetro el mismo que nos indicó que la maquina escarmenadora produce 68,33 decibeles.

4. Análisis Sensorial

Para los análisis sensoriales se realizó una evaluación a través de los sentidos utilizando la escala de Hidalgo, que nos indica que características debe tener la

lana luego del proceso de escarmenado, dando una calificación de 5 correspondiente a excelente, 4 puntos muy buena, de 3 buena; y de 1 baja; en lo que se refirió a pureza y porcentaje de motas

5. Resistencia a la Tensión

Para el cálculo de la resistencia a la tensión de las fibras de lana ovina se realizó el siguiente procedimiento:

- Se tomó un mechón de fibra de lana escarmenada y se procedió a doblar hasta cuando la fibra de lana se rompa.

6. Porcentaje de elongación

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

7. Porcentaje de motas

Antes del proceso de escarmenado se tomó una muestra de lana sin escarmenar y se contó el número de motas, luego esta lana se realizó el escarmenado y se volvió a contar el número de motas. Para obtener el porcentaje de número de motas se aplicó la siguiente formula.

$$\%NM = \frac{\text{variable esperado} - \text{variable obtenida}}{\text{variable esperada}} \times 100$$

Variable esperada = número de motas antes del escarmenado

Variable obtenida = número de motas después del escarmenad

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. ELECCIÓN DEL DISEÑO

Debido a que las escarmenadoras que se ofrecen en el mercado vienen en varias distribuciones, antes del diseño de las partes se debe realizar una matriz de consistencia la cual nos permitirá analizar cuál de las opciones que se tienen en el mercado va a ser la más rentable para realizar el diseño del prototipo mecánico, es por eso que para la presente investigación se escogió comparar la escarmenadora de tipo vertical que constituirá la variable A y de tipo horizontal que constituirá la variable B, para esto se debe realizar la matriz con los parámetros de construcción más importantes logrando así tener la mayor eficiencia en el diseño del prototipo mecánico, también se debe escoger una base de cálculo para determinar cuanta cantidad de lana se puede escarmenar por lote de producción, de esto de acuerdo estudios de mercado que muestran que dado que este es un trabajo artesanal y que no existe una importante demanda de fibras de lana de oveja se escogió que por lote se pueda escarmenar hasta 25 kg., de lana, esto lograra satisfacer las necesidades del productor e incrementar el trabajo productivo por lote de producción.

1. Matriz de consistencia

En la matriz de consistencia se deben colocar todos los parámetros de construcción que intervienen en la elección de la disposición de la maquina escarmenadora, pero hay que tener en cuenta los requerimientos del usuario y los materiales existentes en el mercado, todo esto será válido para elegir el mejor modelo de diseño del prototipo mecánico, según las normativas internacionales para la elaboración de las maquinas escarmenadoras industriales se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Coeficiente de fricción entre las fibras para la reducción de producción de blounse (fibra corta formada por efecto del escarmenado).

- Capacidad de la máquina para estirar las fibras evitando que se rompa y se generen subproductos no deseados.
- Velocidad de estiramiento en el escarmenado y velocidad de recuperación de la forma de la fibra.
- Costos de materiales

Una vez determinadas las variables que afectan en el diseño y construcción del prototipo mecánico de escarmenado, se procede a establecer el valor que tendrá cada variable de acuerdo a su importancia y se colocara valores que juntas sumen 1 de acuerdo al criterio técnico del investigador y se procede a calcular los diferentes valores de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{Elección de diseño} = \sum_{i=1}^j j * i$$

Donde:

- j: Valor que obtendrá la variable de acuerdo al criterio técnico del investigador para el diseño del prototipo mecánico
- i: Ponderación escogida por el investigador de acuerdo a la importancia de la variable

Una vez establecidos los valores de ponderación procedemos a tabular los datos obtenidos para escoger el diseño más adecuado para la presente investigación, como se indica en el Cuadro 2:

Cuadro 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA COMPARANDO LA VARIABLE A Y VARIABLE B PARA ELEGIR EL DISEÑO DEL PROTOTIPO MECÁNICO

Variable	I	Tipo A	Tipo B	Calificación	
Coeficiente de fricción	0,3	2	3	0,6	0,9
Capacidad de estiramiento	0,2	1,5	2	0,3	0,4
Velocidad de estiramiento	0,15	3,5	4	0,53	0,6
Cantidad de cilindros	0,10	1,25	1,5	0,13	0,15
Costos de materiales	0,25	0,50	1	0,13	0,25
Total	1	-	-	1,86	2,30

Analizando los resultados la variable A (disposición horizontal) en la matriz de consistencia obtuvo 1.86m, mientras que la variable B (disposición vertical) obtuvo 2.30, con estos valores se escoge realizar el diseño del prototipo con disposición vertical para mejorar el rendimiento de escarmenado de lana y reducir los costos de producción.

2. Selección de los materiales de construcción

Para lograr escoger los materiales con los que serán construidos las distintas partes del prototipo mecánico, se debe evaluar la disposición de espacio y las condiciones de operación de la máquina, debido a que el ambiente en el que se va a instalar el prototipo mecánico se tiene una humedad excesiva además de la presencia en el ambiente distintas sales se debe escoger de acuerdo a la norma NEC-2015 que el prototipo mecánico sea diseñado con planchas de acero inoxidable AISI y ASTM a36, una vez evaluado esto se debe analizar el espacio disponible para la instalación del prototipo mecánico, al evaluar esto se dispone que por efecto de costos y dimensiones realizar la construcción del equipo con planchas de acero de 1.40x1.44 cm.

Una vez escogida el material de la estructura metálica del prototipo mecánico se debe escoger el tipo de motor que hará girar las poleas para el escarmenado, dado

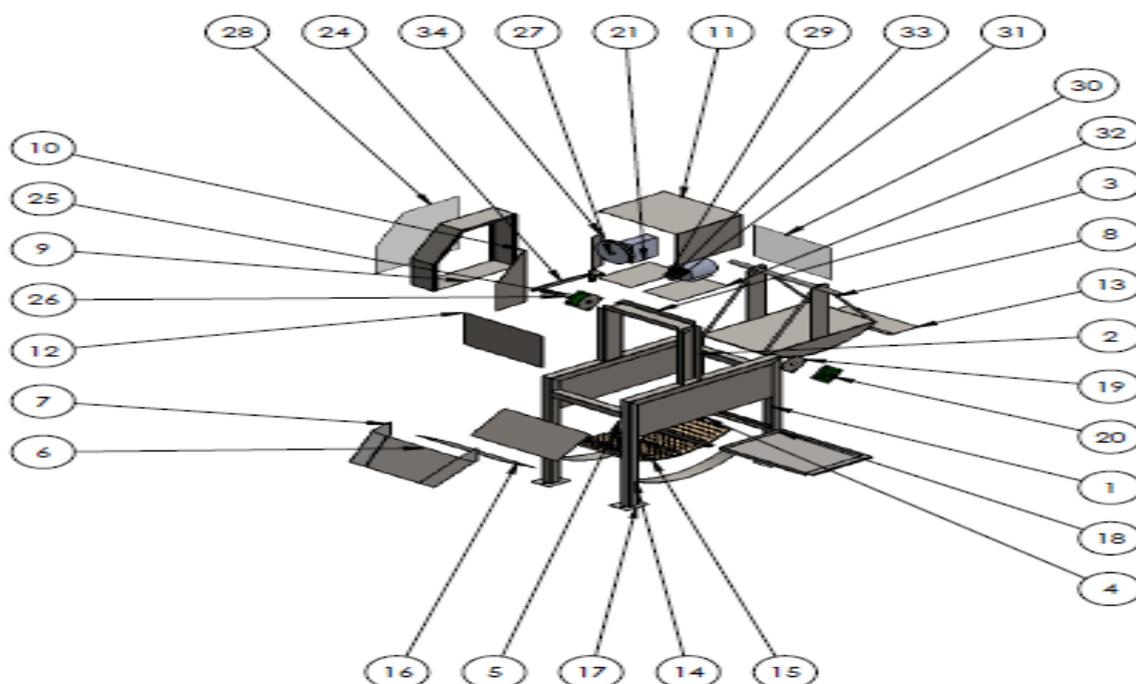
al cambio de la matriz productiva en el Ecuador que prefiere motores que funcionen con energía eléctrica sobre otro tipo de motores con otra fuente de energía, se escogió que el motor sea eléctrico con un voltaje de 110 V para disminuir costos de operación en el funcionamiento del equipo además de que el laboratorio posee este tipo de instalación eléctrica, para escoger la potencia del motor primero se debe realizar los cálculos además de ver la disponibilidad en el mercado del motor de acuerdo a la potencia requerida.

3. Planos del prototipo mecánico

Una vez escogido la disposición del prototipo y los materiales de construcción, se debe realizar el planteamiento del diseño y las partes que constituirán el diseño general del prototipo mecánico, para esto se evalúa en bibliografía las partes que debe tener una escarmenadora de lana industrial, y se adapta la modelo que se desea construir, este solo serán modelo tentativo que después de acuerdo a cálculos de esfuerzo mecánico y de trabajo mecánico necesario se afirmara o no, ya que el objetivo es que se tenga la máxima eficiencia posible de la máquina, además de que el tamaño de la escarmenadora sea el óptimo para abaratar costos, es por eso que de acuerdo a bibliografía las partes que debe tener una escarmenadora son:

- Tapa lateral que proteja al motor
- Platina de transmisión de la fuerza a los distintos ejes
- Chumacera
- Bandeja colectora de lana escarmenadora
- Soporte para la chumacera
- Bastidor
- Soporte de bastidor
- Guía fija para transmisión de potencia
- Tapa frontal que proteja al motor
- Tapa del motor
- Moto reductor

Las dimensiones de cada parte del prototipo mecánico serán escogidas de acuerdo a la disposición de materiales en el mercado, es por ello que una alternativa de construcción del prototipo mecánico se ilustra en el Gráfico 3.



34	C-DSL-028	TAPA LATERAL		
33	POLEA 2 IN			
32	C-DSL-027	BASE MOTOREDUCTOR		
31	MOTOR 0,25 HP			
30	C-DSL-026			
29	C-DSL-025	BASE MOTOREDUCTOR		
28	C-DSL-024	TAPA		
27	POLEA 6 IN			
26	M-DSL-004	BOCIN EJE		
25	C-DSL-022	PLATINA TRANSMISION EJE	1	
24	C-DSL-021	PLATINA TRANSMISION		
23	C-DSL-023	PLATINA TRANSMISION MT	1	
22	M-DSL-003	BOCIN MOTOREDUCTOR		
21	MOTOREDUCTOR			
20	CHUMACERA 205		2	
19	C-DSL-020	SOPORTE CHUMACERA	2	
18	C-DSL-019	BANDEJA COLECTORA	1	
7	C-DSL-018	SOPORTE BASTIDOR	4	
16	C-DSL-017	COLECTOR	2	
15	E3-D1N		4	
14	C-DSL-015	GUIA FIJA	2	
13	C-DSL-014	TAPA POSTERIOR INTERIOR	1	
12	C-DSL-013	TAPA FRONTAL MOTOR		
11	C-DSL-011	TAPA MOTOR		
10	C-DSL-012	TAPA MOTOREDUCTOR		
9	C-DSL-010	TAPA MOTOREDUCTOR		
8	E2-D1N		2	
7	C-DSL-005		2	
6	C-DSL-004		2	
5	P-DSL-002		2	
4	C-DSL-003		2	
3	C-DSL-002		2	
2	C-DSL-001		2	
1	P-DSL-001		1	
	N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

Gráfico 3. Plano del prototipo mecánico para escarmenar la lana propuesta para la construcción

B. CÁLCULOS DE LAS DISTINTAS FUERZAS SOPORTADAS POR LAS PARTES DEL PROTOTIPO MECÁNICO

1. Fuerzas soportadas en los bastidores

Dado que los bastidores constituyen la base en al cual se van a colocar todas piezas de la estructura metálica se debe calcular la fuerza que soportara en el funcionamiento del prototipo mecánico para realizar la construcción adecuada y para determinar la vida útil del prototipo mecánico estableciendo que de acuerdo a diferentes equipos el peso promedio de una maquina escarmenadora es igual a 100 kg, para determinar la fuerza que soporta se utiliza la siguiente formula:

$$F = m * g$$

Donde:

F: Fuerza que soporta los bastidores de la escarmenadora, N.

m= Masa del prototipo mecánico, Kg.

g: Aceleración gravitacional, m/s²

Despejando los valores se tendrá:

$$F = 100 * 9,8$$

$$F = 100 * 9,8$$

$$F = 980 \text{ N}$$

Dado que el bastidor se compone de 4 piezas, para determinar la fuerza que soporta cada parte del bastidor se calcula de acuerdo

$$F_{cada\ pieza} = \frac{F}{4}$$

$$F_{cada\ pieza} = 245 \text{ N}$$

Ahora se procede a calcular el trabajo que efectuara cada pieza para soportar la estructura metálica del prototipo mecánico, de acuerdo a la siguiente formula:

$$W_{cada\ pieza} = F_{cada\ pieza} * l$$

Donde:

W: Trabajo soportado por cada pieza del bastidor, J

F: Fuerza soportada por cada pieza, N

L: Longitud del bastidor, m

$$W_{cada\ pieza} = 196,26\ J$$

Ahora se procede a calcular el esfuerzo total que soporta el bastidor de la escarmenadora que soporta por efecto de la tensión generada por las partes mecánicas, para lo cual se utiliza la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{F_{Soportada\ por\ el\ bastidor}}{A_t}$$

Donde:

σ : Esfuerzo cortante, N

A_t : Área transversal del bastidor, m²

$$\sigma = \frac{245}{0,025}$$

$$\sigma = 10888,88\ \frac{N}{m^2}$$

Con este valor se establece la interacción que debe existir entre los valores, para poder determinar la masa excéntrica óptima para el diseño del prototipo mecánico, para lo cual se debe determinar valores adicionales:

- Geometría de la masa excéntrica: Cilíndrica.
- Material, acero. ($\rho=7850\ Kg/m^3$)
- Diámetro: 150 mm
- N° Masas: 4 debido a las partes del bastidor

De acuerdo a los datos calculados los valores tabulados, los valores resaltados son los óptimos para diseñar los rodamientos del bastidor móvil por lo cual las dimensiones de los rodamientos serán:

- Espesor: 10.55 mm
- Diámetro: 150 mm
- Numero de rodamientos: 4

2. Diseño del péndulo mecánico

Dado que el péndulo mecánico es el que realiza el escarmenado, ya que permite la fricción entre la lana y las cuchillas de la escarmenadora y permitirá el proceso en sí de escarmenado, por lo cual es el que mayor desgaste sufrirá en la operación del equipo y mayor fuerza soportara por lo que hay que tener especial cuidado en su diseño y establecer parámetros adecuados de fabricación, para poder realizar el proceso de diseño es fundamental establecer las partes que conformaran el péndulo mecánico de la escarmenadora, mismas que se ilustran en el Grafico 4.

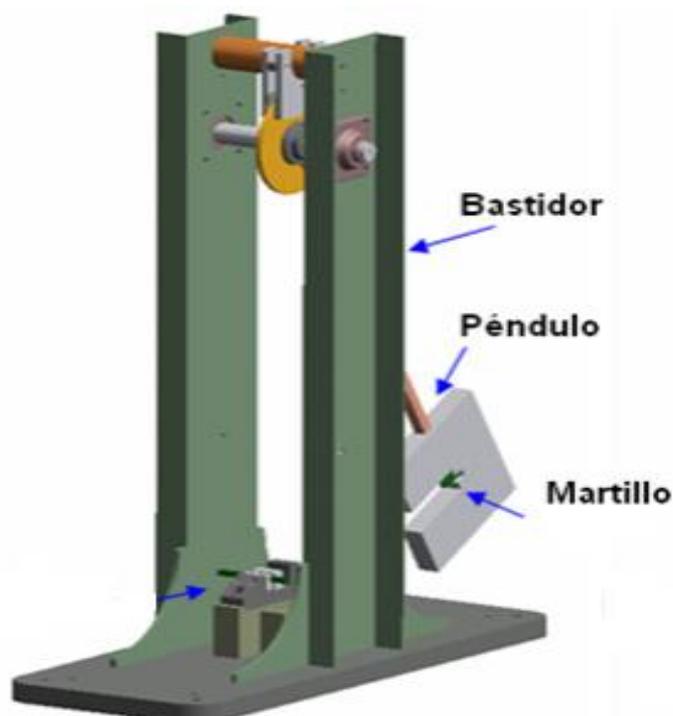


Grafico 4. Péndulo mecánico utilizado para el escarmenado de lanas.

Una vez establecida cada una de las partes que se encuentran en el péndulo mecánico, hay que establecer las fuerzas que soportaran y el diseño para cada parte, esto se detallara a continuación y permitirán mejorar el rendimiento de la máquina, así como también aumentar su vida útil ya que con el adecuado diseño no soportarán fuerzas extremas que desgasten las piezas.

a. Diseño del bastidor

El bastidor será la estructura que soporte el peso del total del péndulo, por lo cual hay que seguir un proceso ordenado de diseño, como primer punto hay que detallar que elementos soportará el bastidor y cuál será el peso de cada uno de ellos, esto se realizó de acuerdo al diseño típico de una escarmenadora de lana y se pudo detallar que los componentes que soportará el bastidor fueron:

- Dos palancas de acero inoxidable
- Tapa que contiene las cuchillas para escarmenar
- Cuchillas que realizan el escarmenado

Todos estos materiales fueron diseñados en acero, y ya que no se pudo conocer su masa, se determinó mediante el cálculo de su volumen y la densidad del material utilizado, por lo que para determinar el peso se necesitaron estos datos adicionales:

- Material, acero. ($\rho=7850 \text{ Kg/m}^3$)
- Volumen de la tapa: Constituyo un cuadrado de lado igual a 35 cm, por lo que el volumen se determinó de acuerdo a la formula $Volumen = \frac{L^3}{100^3}$, obteniéndose así un valor igual a 0.042 m^3
- Volumen de las palancas: Constituyeron dos cilindros de radio igual a 50 cm y de largo igual a 50 cm, por lo que para determinar su volumen fue igual a $Volumen = \frac{2*\pi*radio^2*largo}{100^3} * 2$, de acuerdo a esto el volumen fue igual a 0.78 m^3
- Cuchillas de acero, al igual que la tapa el valor del volumen fue aproximadamente igual a $0,044 \text{ m}^3$

Para determinar la masa de cada elemento se utilizó la siguiente ecuación:

$$m = V * \rho_{acero}$$

De acuerdo a esto el peso de cada elemento fue igual a:

- Palancas de acero inoxidable: 329,7 Kg
- Tapa que contiene las cuchillas para escarmenar: 612,3 Kg
- Cuchillas que realizan el escarmenado: 345,4 Kg

Por lo que la masa total que soportara el bastidor será igual a 1287.4 Kg, con esto procedemos a calcular el peso que soportara el bastidor para lo cual se utilizara la siguiente formula:

$$Peso = m * gravedad$$

Despejando de la formula se tiene

$$Peso = 1287,4 * 9.8$$

$$Peso = 12,71 \text{ kN}$$

Ya que el peso total se distribuirá sobre toda el área del bastidor y es por ello que el esfuerzo en el área total del bastidor podrá ser resistida de acuerdo a las especificaciones técnicas que se muestra en el Cuadro 3, para una placa de acero ASTM 325 que fue la utilizada en la presente practica:

Cuadro 3. CAPACIDAD DE CARGA DE LOS DISTINTOS TIPOS DE ACEROS ASTM DE ACUERDO

Grado ASTM	Esfuerzo cortante admisible	Esfuerzo de tensión admisible
A 307	10 ksi (69 MPa)	20 ksi (138 MPa)
A 325 y A 449	17,5 ksi (121 MPa)	44 ksi (303 MPa)
A 490	22 ksi (152 MPa)	54 ksi (372 MPa)

Con esto se procede a calcular el esfuerzo axial que realizara el material para resistir las diversas fuerzas sobre el bastidor, de acuerdo a la fórmula:

$$\sigma = \frac{F_{componentes}}{A_{bastidor}}$$

Donde:

σ = Esfuerzo Axial, Pa

$F_{componentes}$ =Fuerzas ejercidas por los componentes, N

$A_{bastidor}$ = Area del bastidor, m²

Las fuerzas que soportara el bastidor no tomando en cuenta la vibración que para el proceso de operación será despreciable, únicamente constituirán el peso que fue calculado en la sección anterior, mientras que el área del bastidor según ajustes de diseño será igual a $A = \frac{2*\pi*r*l}{100^2}$ sabiendo que según el diseño preestablecido se escogió el radio del bastidor fuera igual a 50 cm y el largo fuera igual a 30 cm, despejando en la formula el área es igual a 0,94 m², se multiplica este valor por 2 debido a que la sección constituyo de dos tubos de forma cónica con las mismas dimensiones, y para cálculos se utilizó el área igual a 1,88 m², de acuerdo a esto el valor de esfuerzo a la tensión fue igual a:

$$\sigma = \frac{12,71 \text{ KN}}{1,84}$$

$$\sigma = 6,91 \text{ kPa}$$

De acuerdo a la norma que se detalló en el cuadro 3, el bastidor está correctamente diseñado ya que con las dimensiones propuestas para el diseño lograra cumplir con las fuerzas que soporta el material, esto permitirá establecer un mayor tiempo de vida útil del producto además de que evitara que se produzca daños por esfuerzo del material.

b. Diseño de los rodamientos

Para que el eje del péndulo, se pueda desplazar normalmente y resista la fuerza de torsión del mismo, el valor mínimo de rodamientos que se deben incluir son dos y

para evitar que el prototipo tenga un rubro económico elevado, se escogió diseñar el péndulo con el valor mínimo de rodamientos fijos que sería 2, con esto se evita sobreesfuerzos en los rodamientos ya que se distribuyen las fuerzas de mejor manera, primero se procede a realizar el cálculo de la carga soportada que será igual a:

$$P = XF + YF$$

Donde:

P: Carga soportada por el rodamiento, N

F: Fuerza ejercida por el bastidor, N

X, Y: Ángulos formados por el rodamiento y el movimiento con el plano X y el plano Y, °.

De acuerdo a los parámetros de diseño el ángulo formado con el eje X será igual a 30° y con el eje Y será igual a 30°, por lo cual para obtener los parámetros X y Y se calcularon de acuerdo a:

$$X = \cos(30)$$

$$Y = \sin(30)$$

De acuerdo con esto el valor de X es 0.87 y el valor de Y es 0.5; además de que la única fuerza que se analiza para el cálculo es el peso del bastidor, ya que las fuerzas de elasticidad son despreciables debido a que el rodamiento se mantiene fijo, así como también se eliminan las fuerzas de vibración y otras fuerzas que afecten al rodamiento ya que para el caso puntual son despreciables, por lo que reemplazando en la ecuación se tendrá:

$$P = 0,87 * (12,71 \text{ KN}) + (0,5 * 12,71)$$

$$P = 17,41 \text{ KN}$$

Esta debe ser dividida para dos, esto por el número de rodamientos ya que se distribuyen las fuerzas, por lo que la fuerza que soporta cada rodamiento es igual a 8.70 KN.

Después se debe proceder al cálculo de vida nominal del rodamiento, para evaluar cuanto tiempo resistirá en material sin que se dé un daño severo en su estructura, para lo cual utilizamos la siguiente ecuación:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^P$$

Donde:

L_{10} = Duración nominal en millones de revoluciones

$\frac{C}{P}$: Seguridad de carga requerida para la aplicación

P: Exponente de fórmula de vida nominal

Para rodamientos de bolas de acuerdo al manual técnico el valor de p es igual a $\frac{10}{3}$, mientras que el valor de c es igual a 0.01 del radio nominal, de acuerdo a las características del rodamiento el radio nominal expresado en tablas es igual a 52,4, calculando el valor de c, da un resultado igual a 0.52, con estos datos se procede a calcular la duración nominal que será igual a

$$L_{10} = \left(\frac{0,52}{3,33}\right)^{3,33}$$

$$L_{10} = 2,11 * 10^{-3}$$

Con este valor se procede a calcular el tiempo de vida útil, de acuerdo a la fórmula:

$$L_h = \frac{10^6 * L_{10}}{60 n}$$

Donde:

L_h = Duración en horas

L_{10} = Duración nominal en millones de revoluciones

n = velocidad de giro, min^{-1} , para cálculos se escogió un valor de giro de 0.5.

$$L_h = \frac{10^6 * 2,11 * 10^{-3}}{60 (0,5)}$$

$$L_h = 70,30 \text{ h}$$

Con lo cual el tiempo de vida es igual a 70,30 horas de funcionamiento antes de cambiar el rodamiento.

c. Cálculo de los fenómenos en el péndulo

En el cálculo del péndulo lo que interesa saber es el balance de energía que se tienen ya que con ello se puede determinar todos los parámetros del elemento, para esto se debe establecer las condiciones de operación y el diagrama de cuerpo libre nos permitirá establecer las condiciones de funcionamiento, el diagrama para el péndulo se establece en el Grafico 5.

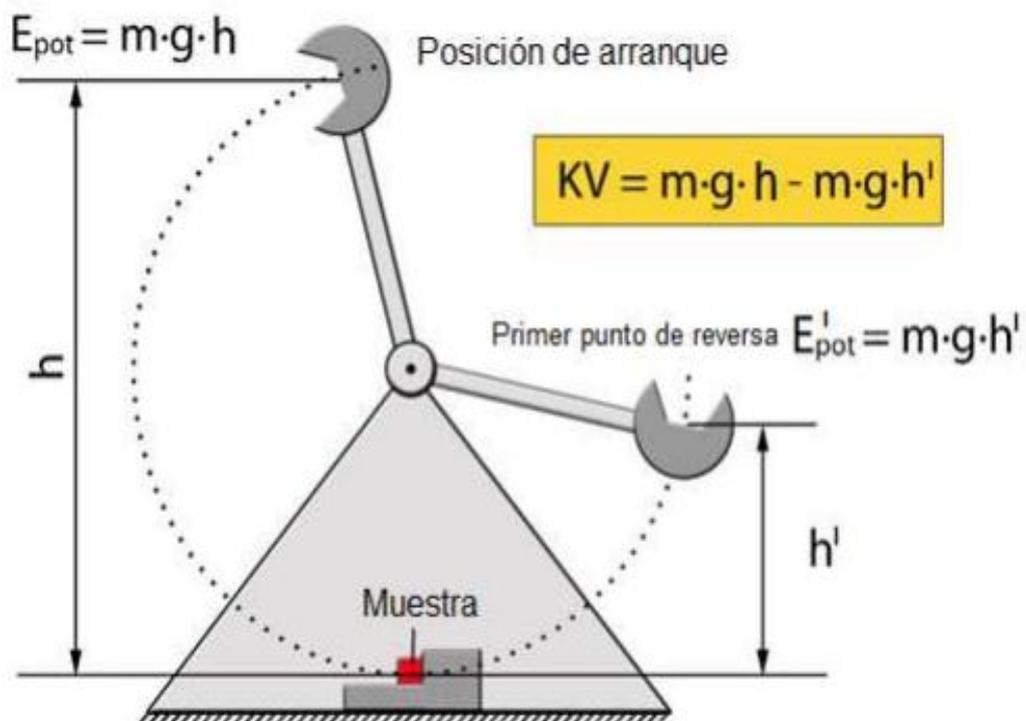


Grafico 5. Diagrama de cuerpo libre para el movimiento del eje péndulo de la máquina escarmenadora

El primer paso para realizar los cálculos es determinar la altura de caída inicial del péndulo de acuerdo a la fórmula:

$$h = S(1 - \cos\beta)$$

Donde:

h : Altura de la caída inicial, m

S : Altura del brazo, m

β : Angulo formado por el eje y el soporte, °

De acuerdo con esto el ángulo formado con el eje es igual a 30° y el largo del brazo es 0.3 m, despejando en la ecuación se tiene:

$$h = 0,30(1 - \cos(30))$$

$$h = 0,04 \text{ m}$$

Después de conocer estos valores, se establece un balance de energía para determinar las variables del péndulo, el cual es igual a:

$$\Delta E_{potencial} + \Delta E_{cinetica} + W = Q$$

$$(E_{pf} - E_{pi}) + (E_{cf} - E_{ci}) + W = Q$$

De acuerdo a los fenómenos físicos el péndulo no genera calor por lo que el termino Q es igual a 0, y despreciando el trabajo en contra de la fricción del aire, el trabajo es igual a 0 y como se parte del factor de referencia y de un estado de reposo la energía cinética inicial y la energía potencial sería igual a 0, con lo que la ecuación sería igual a:

$$E_{pf} = E_{cf}$$

Luego de acuerdo a los valores de la energía cinética y potencial la ecuación se tiene:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

De acuerdo a esto, se procede a calcular la velocidad de movimiento del péndulo que será igual a:

$$\sqrt{2gh} = v$$

Remplazando los datos se obtiene:

$$\sqrt{2 * (9,8) * 0,04} = v$$

$$0,88 \frac{m}{s} = v$$

Después se procede a calcular la masa del péndulo que será la adecuada para la construcción del equipo mecánico y esto será igual a:

$$m = \frac{2 * m_{material} * h}{v^2}$$

$$m = \frac{2 * 1849,6 * 0,3}{0,88^2}$$

$$m = 1433,06 \text{ kg}$$

Con esto se puede calcular las dimensiones del péndulo que serían igual a:

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

$$V = \frac{1433,06}{7850}$$

$$V = 0,18 \text{ m}^3$$

De acuerdo a la fórmula de volumen y ya que el péndulo es de forma cuadrada, se tiene las dimensiones iguales a:

$$V = L^3$$

Despejando la longitud del péndulo será igual a:

$$\sqrt[3]{V} = L$$

$$0,56 \text{ m} = L$$

3. Selección del número y diseño de bandas de transmisión de potencia

El primer paso que se debe realizar para la selección del tipo de bandas y la distribución en el prototipo mecánico, es el cálculo de la potencia del motor necesaria de acuerdo a las condiciones de diseño, esto se relaciona con el número de bandas transmisoras.

a. **Calculo de la potencia del motor**

Este se realiza de acuerdo al producto de la masa de excentricidad y su excentricidad, de acuerdo a

$$m * R = 43,62$$

$$M_t = PR \text{sen}(wt)$$

Donde:

M_t = Masa de torque, kg-f.

P= Peso, kg.

Sen(wt): Angulo formado por el brazo, °

Según lo calculado en el segmento anterior M_t es igual a $m * R$, por lo que la potencia se calcula de acuerdo:

$$P_{mc} = M_t * w$$

Donde:

M_t : Masa de torque, kg-f

w: Velocidad Angular, rad/s

f_s : Factor de servicio

Por lo que la potencia va a ser igual a:

$$P_{mc} = \frac{43,62 * 36,65}{100}$$

$$P_{mc} = 15,98 \frac{Kg - f}{s}$$

$$15,98 \frac{kg - f}{s} * \frac{1 Hp}{76 \frac{kg - f}{s}}$$

$$P_{mc} = 0,21 Hp$$

Parámetros del motor:

- 4 Polos
- 0.21 Hp
- 415 r.p.m
- Torque: 2.01 [N.m]
- $F_s=1.5$
- Peso: 5 Kg

b. Determinación de la longitud de la banda

Para determinar la longitud de la banda se tiene:

$$L_p = 2C + 1,57(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L_p = 2(125) + 1,57(114 + 71) + \frac{(114 - 71)^2}{4(125)}$$

$$L_p = 544 mm$$

Para determinar el perímetro interior de la banda, se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$L_i = L_p - L_p \min$$

Donde:

L_i : Diámetro interno, mm

L_p : Diámetro de paso, mm

$L_{p\min}$: Diámetro mínimo de paso, mm. Según datos de tablas el $L_{p\min}$ va a ser igual a 33.02 mm.

$$L_i = 544 - 33.02$$

$$L_i = 510,98 \approx 511 \text{ mm}$$

c. Determinación del ángulo de contacto de la banda Θ_s

$$\theta_s = 2 \cos^{-1}\left(\frac{D-d}{2C}\right)$$

$$\theta_s = 2 \cos^{-1}\left(\frac{114-71}{2(125)}\right)$$

$$\theta_s = 2,80 \text{ rad}$$

d. Determinación del número de bandas

Para el cálculo del número de bandas como primer punto se determina la potencia nominal que será transmitida a las bandas por parte del motor de acuerdo a:

$$H_r = \left[C_1 - \frac{C_2}{d} - C_3(r * d)^2 - C_4 \log(r * d) \right] (r * d) + C_2 r \left(1 - \frac{1}{K_A} \right)$$

Donde:

H_r : Potencia Nominal

$$r: \frac{\text{Numero de revoluciones}}{1000} = \frac{1600}{1000} = 1,6$$

$$d: \text{Diámetro de la polea menor, } 71 \text{ mm} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{0.39 \text{ pulg}}{1 \text{ cm}} = 2,77 \text{ pulg}$$

K_a : Factor de relación de velocidades, de acuerdo a la relación $\frac{D_p}{d_p} = 1,6$ el valor

de K_a es igual a 1,10

Las variables C_1 , C_2 , C_3 y C_4 se calcula de acuerdo a:

CUADRO 4. ÍNDICES Y VARIABLES PARA LA DETERMINACIÓN DE CONSTANTES EN LA ELECCIÓN DE DISEÑO MECÁNICO

L_s	Cross section				
	A	B	C	D	E
26	0.78				
31	0.82				
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			
51	0.93	0.88	0.80		
55	0.95	0.89			
60	0.97	0.91	0.83		
68	1.00	0.94	0.85		
75	1.02	0.96	0.87		
80	1.04				
81		0.98	0.89		
85	1.05	0.99	0.90		
90	1.07	1.00	0.91		
96	1.08		0.92		
97		1.02			
105	1.10	1.03	0.94		
112	1.12	1.05	0.95		
120	1.13	1.06	0.96	0.88	
128	1.15	1.08	0.98	0.89	
144		1.10	1.00	0.91	
158		1.12	1.02	0.93	
173		1.14	1.04	0.94	
180		1.15	1.05	0.95	0.92
195		1.17	1.06	0.96	0.93
210		1.18	1.07	0.98	0.95
240		1.22	1.10	1.00	0.97
270		1.24	1.13	1.02	0.99
300		1.27	1.15	1.04	1.01

De acuerdo a esto los valores escogidos son:

$$C_1 = 0.85$$

$$C_2 = 1,342$$

$$C_3 = 2,436 * 10^{-4}$$

$$C_4 = 0,1703$$

De acuerdo con esto la ecuación va a ser igual a:

$$H_r = \left[0,85 - \frac{1,342}{2,77} - 2,436 * 10^{-4} (1,6 * 2,77)^2 - 0,1703 \log(1,6 * 2,77) \right] (2,77 * 1,6) + 1,342 * 1,6 * \left(1 - \frac{1}{1,10} \right)$$

$$H_r = 1,30 Hp$$

Después de haber obtenido la potencia nominal, se procede a calcular la potencia efectiva que se transmitirá a la banda de acuerdo a la siguiente formula:

$$H_e = H_r * k_1 * k_2$$

De acuerdo a manuales de diseño mecánico para una potencia nominal de 1.30 el valor de $k_1 = 0.95$ y el valor de $k_2 = 0.74$, calculado se tiene:

$$H_e = 1,30 * 0,95 * 0,74$$

$$H_e = 0,91 \text{ Hp}$$

Para calcular el número de bandas se tiene:

$$N_{bandas} = \frac{P_d}{H_e}$$

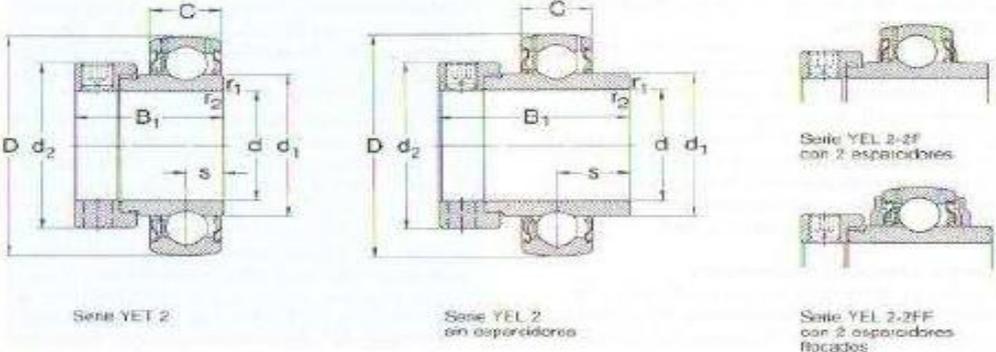
$$N_{bandas} = \frac{0,21}{0,91}$$

$$N_{bandas} = 0,23 \approx 1 \text{ banda}$$

Para que el trabajo de la escarmenadora se realice con el máximo rendimiento se debe colocar 1 banda con una longitud de 544 mm.

4. Cálculos y diseño de las chumaceras

De acuerdo a lo calculado en la sección anterior la velocidad con la que van a girar los rodamientos que fue igual a $n_2 = 1000 \text{ r.p.m}$, se selecciona los rodamientos utilizando la capacidad de carga mecánica. Se hace uso del catálogo SKF de acuerdo al Grafico 6, por lo que se escoge un rodamiento con soporte tipo Y.



Dimensiones								Capacidad de carga		Carga límite de fatiga P_u	Masa Rueda m	Designaciones		
d	d_1	d_2	D	B_1	C	s	$r_{1,2}$ mm	dinám. C_{10}	estát. C_0			Rodamientos sin espaciadores	con 2 espaciadores	con 2 espaciadores floccados
mm								N	N	kg	-			
12	24,2	28,8	40	26,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YET 203/12	-	-
15	24,2	28,8	40	26,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,12	YET 203/15	-	-
17	24,2	28,8	40	26,6	12	6,5	0,3	7 350	4 750	140	0,11	YET 203	YEL 203-2F	YEL 203-2FF
	24,2	28,8	40	26,6	12	13,9	0,3	7 350	4 750	140	0,13	YET 203	-	-
20	28,2	33	47	31	14	7,5	0,5	8 800	6 550	196	0,16	YET 204	-	-
	28,2	33	47	31	14	17,1	0,5	8 800	6 550	196	0,10	YEL 204	YEL 204-2F	YEL 204-2FF
25	33,7	37,4	52	31	15	7,5	0,5	10 800	7 800	232	0,18	YET 205	-	-
	33,7	37,4	52	31	15	17,5	0,5	10 800	7 800	232	0,23	YEL 205	YEL 205-2F	YEL 205-2FF
30	39,7	41,2	62	35,7	18	9	0,5	15 000	11 200	335	0,30	YET 206	-	-
	39,7	44,2	62	35,7	18	10,3	0,5	15 000	11 200	335	0,30	YEL 206	YEL 206-2F	YEL 206-2FF
35	46,1	55,8	72	38,0	19	9,5	1	19 600	15 300	455	0,49	YET 207	-	-
	46,1	55,8	72	38,0	19	10,8	1	19 600	15 300	455	0,59	YEL 207	YEL 207-2F	YEL 207-2FF
40	51,8	60,3	80	43,7	21	11	1	23 600	19 000	590	0,62	YET 208	-	-
	51,8	60,3	80	43,7	21	12,4	1	23 600	19 000	590	0,70	YEL 208	YEL 208-2F	YEL 208-2FF
46	56,8	63,5	86	43,7	22	11	1	25 500	21 600	640	0,65	YET 209	-	-
	56,8	63,5	86	43,7	22	12,4	1	25 500	21 600	640	0,74	YEL 209	YEL 209-2F	YEL 209-2FF
50	62,5	69,9	90	43,7	22	11	1	27 000	23 200	695	0,73	YET 210	-	-
	62,5	69,9	90	43,7	22	12,6	1	27 000	23 200	695	0,89	YEL 210	YEL 210-2F	YEL 210-2FF
55	69,1	75,2	100	46,4	25	12	1	33 500	29 000	865	0,88	YET 211	-	-
	69,1	75,2	100	46,4	25	13,8	1	33 500	29 000	865	1,20	YEL 211	YEL 211-2F	YEL 211-2FF
60	75,6	83,7	110	52,8	26	13	1,5	40 500	36 000	1 080	1,60	YEL 212	YEL 212-2F	YEL 212-2FF

Grafico 6. Tipo de rodamientos y sus características marca SKF

Para el cálculo de la fuerza que soporta se tiene:

$$P = XF_r + YF_a$$

Donde:

P: Carga Equivalente, [N]

F_r : Carga radial real, [N]

F_a : Carga Axial radial, [N]

X: Factor Radial

Y: Factor axial

Dado que los soportes solo resisten carga radial, la carga axial es despreciable por lo que se tiene que $F_a=0$, con lo que la carga que soporta se tiene:

$$P = XF_r$$

Sabiendo que:

$X=1$ cuando $F_r/F_a > e$, esto se da cuando el soporte genera la máxima tensión sobre el eje.

$$F_r = 76,8 \text{ [N]}$$

Por lo que la carga equivalente es igual a:

$$P = 1 * 76,8$$

$$P = 76,8 \text{ kg} - f * \frac{9,80 \text{ [N]}}{1 \text{ kg} - f}$$

$$P = 752,62 \text{ [N]}$$

a. Cálculo de duración del soporte

Se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$L_{h10} = \frac{1000}{60 n} \left(\frac{c}{P}\right)^p$$

Donde:

L_{h10} : Duración nominal en horas de servicio, h.

N: Velocidad constante de rotación, 1000 rpm.

C: Capacidad de carga dinámica, [N]

P: Carga dinámica que soporta la chumacera, [N]

p: Exponente de la fórmula de la duración, para el caso de soporte tipo y es igual a 3

De acuerdo a datos del catálogo, ya que el soporte no va a trabajar las 24 horas se escoge un tiempo de duración igual a 5 horas por servicio, para lo cual $L_{h10} = 12000$, por lo que la capacidad de carga dinámica va a ser igual a

$$L_{h10} = \frac{1000000}{60 n} \left(\frac{c}{P}\right)^p$$

$$C = \sqrt[3]{\frac{L_{h10} * 60n}{1000} * P}$$

$$C = \sqrt[3]{\frac{12000 * 60(1000)}{1000000}} * 752,62$$

$$C = 6745,58 [N]$$

De acuerdo al catálogo de la marca SKF y con las características calculadas para soportes con rodamientos tipo Y, se deberá tener las siguientes características de diseño:

Denominación: SY25FM

Soporte: SY 505M

Rodamiento Y: YET 205

d: 12 mm

C: 7350[N]

C. EVALUACIÓN DE LAS MEDICIONES EXPERIMENTALES PARA PROTOTIPO MECÁNICO PARA EL ESCARMENADO DE LANA OVINA.

1. Cálculos de la capacidad de producción

Para determinar la capacidad de producción de la lana realizamos 5 repeticiones de escarmenado con muestras de 200 gramos cada una, tomando el tiempo que emplea la maquina en escarmenar las muestras de lana en minutos.

En 200 gramos 270 motas antes del escarmenado.

En 200 gramos 42 motas luego del escarmenado.

$$x = \frac{1000 g \times 10,26 min}{200 g} = 51,3 min$$

La capacidad de producción de la maquina escarmenadora de lana es de 1000 gramos (1kg) en 51,3 minutos.

2. Capacidad de ruido producida por el prototipo mecánico.

Para la medición del nivel de ruido en la maquina escarmenadora se utilizó un sonómetro el mismo que nos indicó que la maquina escarmenadora produce 68,33 decibeles, por lo que no es obligatorio el uso de protección auditiva para la utilización de la maquina escarmenadora de lana.

Al respecto la Organización Mundial de la Salud, (2015). Manifiesta que el oído humano puede tolerar 55 decibeles sin ningún daño a su salud. Y dependiendo del tiempo de exposición, ruidos mayores a los 85 decibeles pueden provocarnos malestares físicos a las personas, además recomienda que el nivel más alto permisible de exposición al ruido en el lugar de trabajo sea de 85 dB durante un máximo de 8 horas al día. (Cuadro 5).’

Cuadro 5. NIVELES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN PARA RUIDO CONTINUO

Niveles de exposición a ruidos en Db	Tiempo permisible en minutos/día
85 Db	480 min/día
90 dB	240 min/día
95 Db	120 min/día
100 dB	60 min/día
105 dB	30 min/día
110 dB	15 min/día
115 dB	10 min/día

3. Calculo de la eficiencia de la maquina en base a los resultados del análisis sensorial

La etapa correspondiente al escarmenado de lana es principalmente ejecutada para modificar las condiciones sensoriales de vista, tacto y pureza de la misma. Para la determinación de la eficiencia se aplicó la siguiente formula:

$$\varepsilon = 1 - \frac{VALOR ESPERADO - VALOR OBTENIDO}{VALOR ESPERADO} * 100$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{5.00 - 4.60}{5.00} * 100$$

$$\varepsilon = 92 \%$$

Donde:

ε = eficiencia del equipo en porcentaje

VALOR ESPERADO = valor máximo de cada medición sensorial

VALOR OBTENIDO = valor reportado en la medición sensorial

Al aplicar la fórmula a la variable pureza (más representativa) se pudo obtener el rendimiento de la maquina escarmenadora.

Hidalgo L. (2004), manifiesta que el objetivo del escarmenado tiene como función mejorar la calidad de las fibras lanares retirando las impurezas y motas presente en ella, por lo que un escarmenado con una eficiencia superior al 85% es considerado como excelente para elaborar textiles de alta calidad, esto generara confianza entre los productores de fibras de lana ovina.

D. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

1. Resistencia a la tensión

En la evaluación estadística de la resistencia a la tensión de las lanas escarmenadas en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias no se reportó diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre medias estableciéndose las respuestas más altas al realizar el escarmenado manual con valores de 149,15 N/cm², con un error típico de $\pm 12,55$ y una mediana de 137,50 N/cm², mientras tanto que para el escarmenado mecánico se obtuvieron valores de 78,98 N/cm², con un error típico de 7,48 y una mediana de 75,00 N/cm², como se muestra en el Cuadro 6, y se lustra en el Gráfico 7, es decir que la mejor resistencia a la tensión se consigue al realizar un escarmenado manual ya que no se tensionan fuertemente las fibras de la lana, como se Lo hace en el prototipo mecánico sin embargo, el resultado no puede ser satisfactorio, ya que la limpieza no puede ser profunda .

Al respecto Hidalgo, L. (2004), indica que el escarmenado, es el paso siguiente al lavado de la lana, cuando ésta se ha secado, se procede a abrir las fibras, aldonarlas, principalmente con dos objetivos, el uno, terminar de limpiar la lana, quitando los restos orgánicos que se hayan podido escabullir del lavado, y el otro, facilitar el siguiente paso, que es el cardado de la lana, dejando las fibras más separadas y fáciles de peinar. Después de lavada, una vez se retira los cadillos, garrapatas y puntas amarillas, se empieza a escarmenarla, por lo tanto en el escarmenado se abre las fibras para retirar las impurezas, al realizarlas en forma manual las fibras no son tensionadas fuertemente de manera que no son debilitadas. Al escarmenar la lana ovina, se abre las fibras de la lana hasta que quede bien abierta, después se reúne la lana escarmenada y se hace un rollo y luego se entrelaza formando un copo. Después del copo empezamos a estirla que quede uniforme, después de estirada empezamos a hacer la manilla, se hace con los dedos, enrollándola en los cuatro dedos con ayuda de la otra mano, después se le da una vuelta enrollándola.

Cuadro 6. EVALUACIÓN DE LAS RESISTENCIAS FÍSICAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

Estadísticas descriptivas	VARIABLES FÍSICAS DE LA LANA OVINA ESCARMENADA					
	Resistencia a la tensión		Porcentaje de elongación		% de Motas eliminadas	
	Manual	Mecánico	Manual	Mecánico	Manual	Mecánico
Media	149,15	78,98	57,00	59,50	52,40	84,40
Error típico	12,55	7,48	3,66	6,54	0,60	0,40
Mediana	137,50	75,00	57,50	55,00	53,00	85,00
Moda	-	-	-	55,00	51,00	85,00
Desviación estándar	28,06	16,73	8,18	14,62	1,34	0,89
Varianza de la muestra	787,11	279,87	66,87	213,75	1,80	0,80
Curtosis	-1,21	3,65	1,22	(0,82)	-2,41	0,31
Coefficiente de asimetría	0,83	1,78	(0,42)	(0,08)	-0,17	-1,26
Rango	65,94	43,41	22,50	37,50	3,00	2,00
Mínimo	123,53	64,29	45,00	40,00	51,00	83,00
Máximo	189,47	107,69	67,50	77,50	54,00	85,00
Suma	745,74	394,88	285,00	297,50	262,00	422,00
Cuenta	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Prueba t student	0,001	**	0,37	Ns	3,7E-11	**

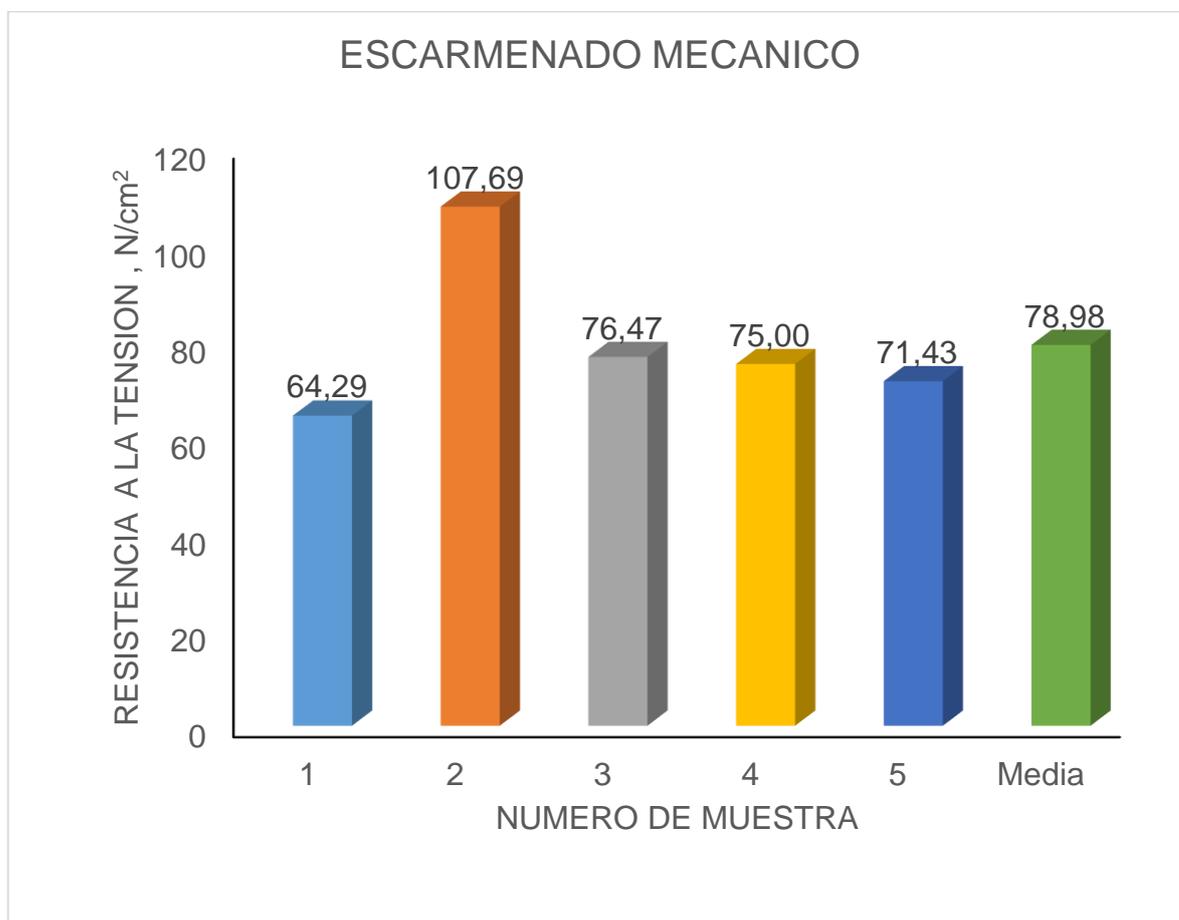
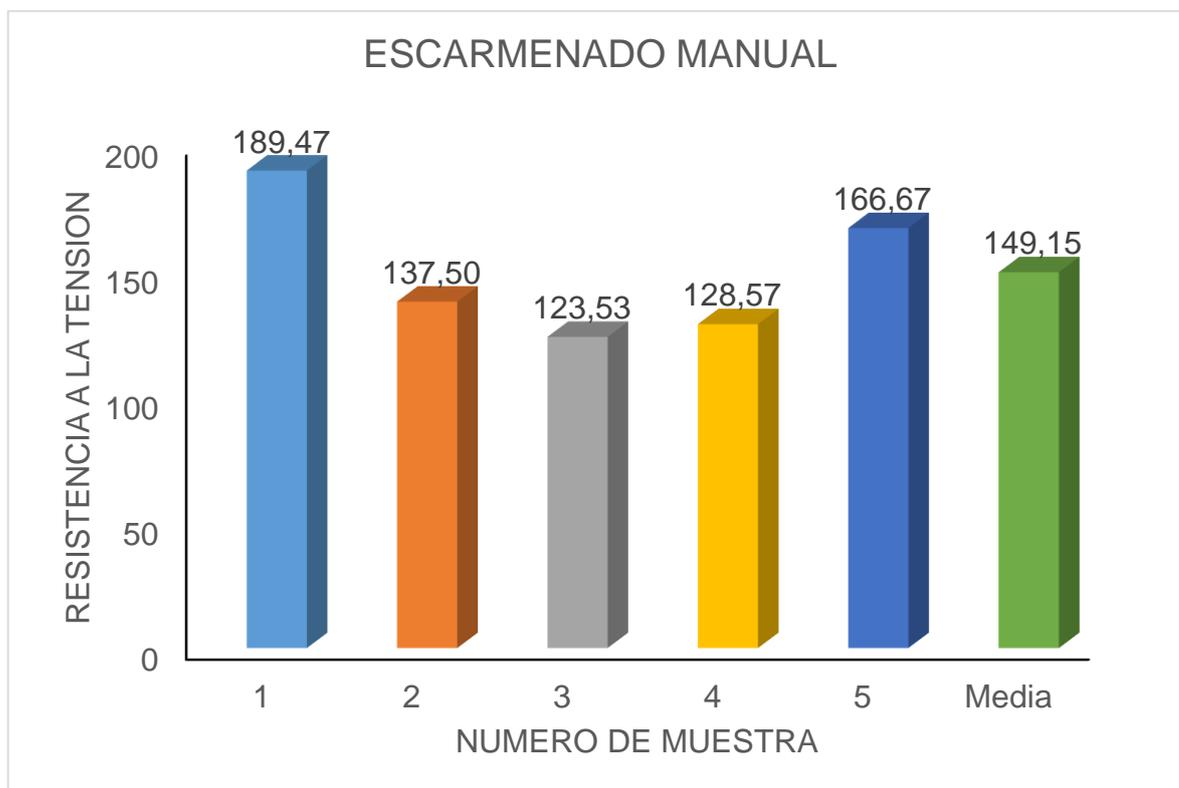


Gráfico 7. Resistencia a la tensión de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la facultad de Ciencias Pecuarias.

lista para hilarla. Los resultados demuestran que existió mayor resistencia a la tensión cuando se escarmeno a mano en comparación del prototipo mecánico, esto se debe que al ser la primera prueba del prototipo mecánico aún se deben ajustar los parámetros para lograr mejorar la característica de la lana .

El objetivo de evaluar la resistencia a la tensión de la lanas es lograr asegurar su calidad, las lanas fueron sometidas a procesos de estiramiento en los cuales si no se rompieron aumentaron el valor de la resistencia a la tensión, uno de los factores que afecta al aumento de la resistencia a la tensión por parte manual vs. el prototipo mecánico es el efecto mecánico que sufren las pieles, ya que en el escarmenado manual es mínima la fuerza que se aplica sobre las fibras lanares para poder remover aquellas fibras que no se encuentren desenredadas en cambio en el prototipo mecánico se aplica mayor fuerza con lo que se consigue que mayor cantidad de fibras quedan lisas, pero esto disminuye la resistencia de las fibras lanares, el objetivo de la escarmenadora es mejorar la cantidad de fibras lisas que existe en el entramado del total del plano, ya que con esta operación de escarmenado se aplasta las fibras y se les deja en condiciones lisas, esto es importante cuando las fibras serán utilizadas para la confección de prendas de vestir, que es a donde principalmente se destinan, debido a su efectividad y a sus propiedades físicas y sensoriales, tradicionalmente la lana ovina fue utilizada por los antepasados en la producción de prendas de vestir como ponchos, pantalones, entre otros.

Hidalgo, L. (2004), menciona que en el Ecuador no se maneja una producción industrial, por lo tanto es ventajoso incursionar en el diseño y construcción equipos que sirvan para diversas funciones de producción de textiles, y de esa manera abaratar costos, y prescindir de la industria extranjera.

2. Porcentaje de elongación

En el análisis de los resultados estadísticos de la prueba física porcentaje de elongación de la lana ovina donde se comparó el escarmenado de manera tradicional vs. el escarmenado en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias

pecuarias, se pudo observar que en el primer tratamiento las lanas reportaron medias de 57,00% con un error típico igual a $\pm 3,66\%$ y un valor de mediana igual a 57,50%, mientras tanto que en al escarmenar mecánicamente el resultado fue mayor ya que reporto medias de 59,50% con un error típico igual a $\pm 6,54$ y un valor de mediana igual a 55,00%, como se muestra en el Gráfico 8, con lo cual comparando las medias entre los dos tratamientos se puede evaluar que el porcentaje de elongación es mayor cuando se realiza el escarmenado en el prototipo mecánico, y esto es indicativo de que el prototipo mecánico está cumpliendo con su función al tener menos cantidad de lanas enredadas con lo cual no existe una fuerza de repulsión y esto ocasiona que se tenga mayor índice de estiramiento. El error típico en los datos obtenidos en el prototipo mecánico es superior al error típico obtenido en el escarmenado manual, esto debido a que es una prueba piloto del equipo y está sujeto a calibraciones,

Hidalgo L. (2004), manifiesta que el objetivo de realizar la prueba piloto es determinar cómo se obtienen las lanas escarmenadas para posteriormente realizar la calibración correspondiente con el uso continuo, y determinar así que variables pueden ser modificadas, como espacio entre los rodillos, dimensiones de las fibras lanares, con esto mejorar el escarmenado, y obtener mejores resultados, ya que el prototipo mecánico. El escarmenado tiene como función mejorar la calidad de las fibras lanares para que en el proceso de hilado no presenten deficiencias, para elaborar textiles de alta calidad, esto generara confianza entre los productores de fibras de lana ovina. Además se debe considerar que el costo de construcción y de implementación será mínimo aumentando la capacidad de adquirir este tipo de equipos que disminuyen el tiempo y aumentan el rendimiento en el escarmenado de lana. Las fibras pueden estirarse el doble de su tamaño y encoger tres veces más, dependiendo de la combinación de calor, humedad y fricción que le demos. Su flexibilidad permite que adopte cualquier forma sin romperse. Esto es muy práctico en el diseño de zapatos o prendas de vestir y en mil usos para objetos cotidianos.

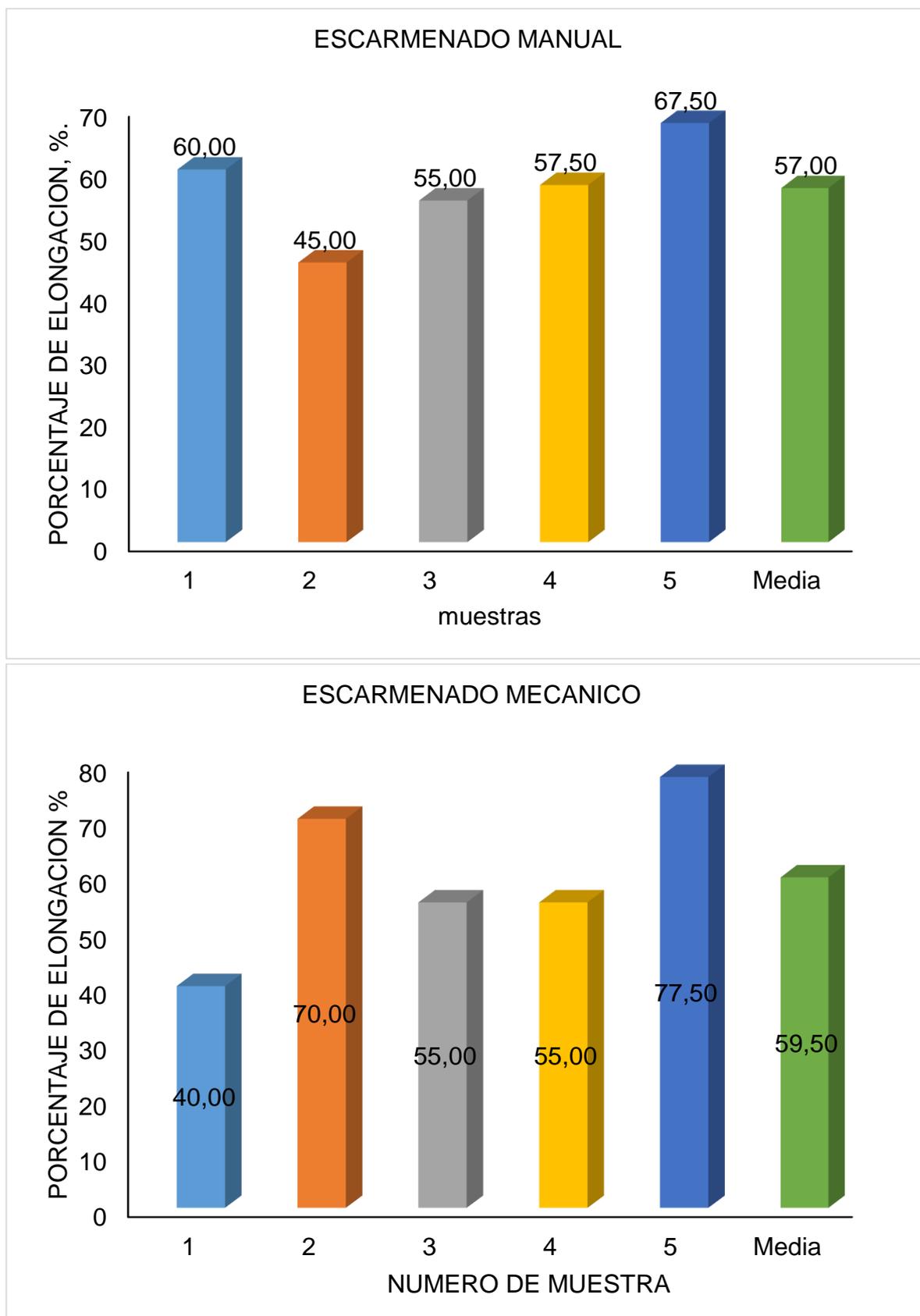


Gráfico 8. Porcentaje de elongación de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la facultad de Ciencias Pecuarias.

3. Porcentaje de motas eliminadas

Al comparar los resultados del porcentaje de motas eliminadas de la lana ovina escarmenada en forma manual versus mecánica se determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas según la prueba t'student, estableciéndose para el primer tratamiento que las lanas reportaron medias de 52,40%, un error aleatorio de $\pm 0,60\%$ y una mediana de 53,00%, mientras tanto que en el escarmenado en el prototipo mecánico las medias fueron superiores con 84,40% de motas eliminadas, un error típico $\pm 0,40$ y un valor de mediana igual a 85,00% como se lustra en el Gráfico 9. Es decir que al utilizar el prototipo mecánico las medias son superiores, con lo que se afirma que el equipo está funcionando de manera óptima, ya que la principal objetivo del prototipo es mejorar la remoción de motas que se forman luego del proceso de lavado de la lana, estos datos indican que únicamente el 15,60% de las motas que tienen las fibras del animal no han sido removidas del total de la piel, esto genera el porcentaje de aceptación que indican las normas internacionales ya que para que un proceso de hilado sea el adecuado se deben tener un porcentaje de motas alrededor de 15%.

Al respecto Maclaren, J Y Milligan, B. (2011). manifiesta que la producción de fibras es un tema complicado, y que en el país no ha tenido relevancia ya que muchas veces los procesos que se llevan a cabo son artesanales con técnicas ancestrales en la mayoría de los casos, que han sido aprendidas de generación en generación, no se cuenta con un número considerable de artesanos textiles que inviertan en mecanización de sus talleres por este motivo se debe realizar investigaciones que logren mejorar la producción de fibras lanares para tener nuevas fuentes de ingreso y mejoren la producción de ovinos con técnicas actualizadas, una de ellas es el escarmenado es un proceso fundamental para la producción de fibras lanares, debido a que las pruebas se han realizado en la presente investigación y se ha podido corroborar que el equipo funciona con un alto rendimiento, y logra casi una totalidad de remoción de motas formadas en el lavado, esto permite que al ser diseñado por investigadores ecuatorianos y construidos en el país disminuyan el costo por operación y adquisición de la maquina escarmenadora.

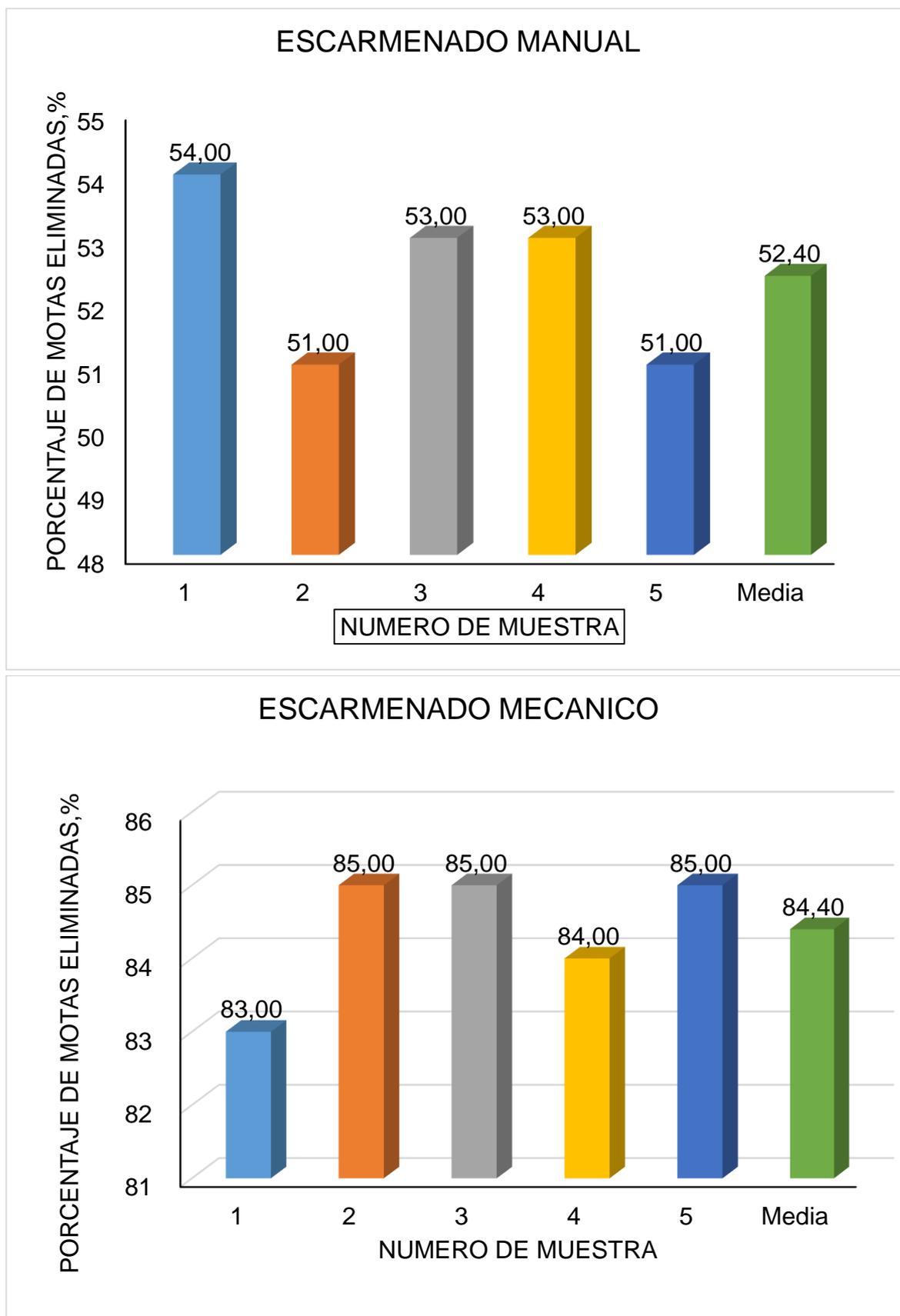


Gráfico 9. Porcentaje de motas eliminadas de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la facultad de Ciencias Pecuarias.

E. EVALUACIÓN DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES LA LANA OVINA ESCARMENADA EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

1. Tacto

La evaluación descriptiva de la variable sensorial tacto de la lana ovina escarmenada, no reporto diferencias estadísticas ($P = 0,08$), de acuerdo a la prueba t'student, al comparar el proceso de escarmenado manual versus mecánico sin embargo se aprecia las mejores respuestas al utiliza el prototipo mecánico de la FCP, ya que las respuestas fueron de 4,60 puntos y condición excelente, con un error típico bajo y que corresponde a 0,24 así como un valor de mediana y moda de 5,0 puntos en tanto que al realizar el proceso de escarmenado manual los resultados fueron más bajos ya que las respuestas fueron de 4,0 puntos con un error típico de 0,32 y una mediana y moda de 4 puntos, como se muestra en el Cuadro 7, y se lustra en el Gráfico 10.

Lo que es corroborado según Sanchez, R. (2003), donde se indica que la fibra de lana presenta una gran variación de finura, tacto, largo y rizo, dependiendo de la raza, la dieta, la sanidad y el clima. Estas características morfológicas influyen en la voluminosidad, carácter y estilo del vellón de lana por lo tanto el momento de hacer una percepción con la palma de mano la sensación ira de agradable a áspera ya que en el vellón se pueden encontrar, a veces, fibras gruesas y rígidas con una médula o canal central, continuo o fragmentado, conteniendo restos de núcleos celulares y vesículas de aire. Si estas fibras meduladas pasan al hilado, no pueden ser disimuladas por la tintura y son claramente visibles en los tejidos, con lo que la calidad del artículo disminuye, y su valoración sensorial se ve desmejora ya que al deslizar la mano se aprecia una sensación muy rugosa, áspera y sobre todo al confeccionar el artículo se refleja esta característica.

Cuadro 7. ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LAS CALIFICACIONES SENSORIALES DE LA LANA OVINA ESCARMENADA EN FORMA MANUAL Y EN EL PROTOTIPO MECÁNICO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS.

Estadísticas descriptivas	VARIABLES SENSORIALES					
	Tacto		Vista		Pureza	
	Manual	Mecánico	Manual	Mecánico	Manual	Mecánico
Media	4,00	4,60	3,60	4,60	3,00	4,60
Error típico	0,32	0,24	0,24	0,24	0,32	0,24
Mediana	4,00	5,00	4,00	5,00	3,00	5,00
Moda	4,00	5,00	4,00	5,00	3,00	5,00
Desviación estándar	0,71	0,55	0,55	0,55	0,71	0,55
Varianza de la muestra	0,50	0,30	0,30	0,30	0,50	0,30
Curtosis	2,00	-3,33	-3,33	-3,33	2,00	-3,33
Coefficiente de asimetría	0,00	-0,61	-0,61	-0,61	0,00	-0,61
Rango	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00
Mínimo	3,00	4,00	3,00	4,00	2,00	4,00
Máximo	5,00	5,00	4,00	5,00	4,00	5,00
Suma	20,00	23,00	18,00	23,00	15,00	23,00
Cuenta	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Prueba t student	0,086001646	Ns	0,01015005	*	0,002	**

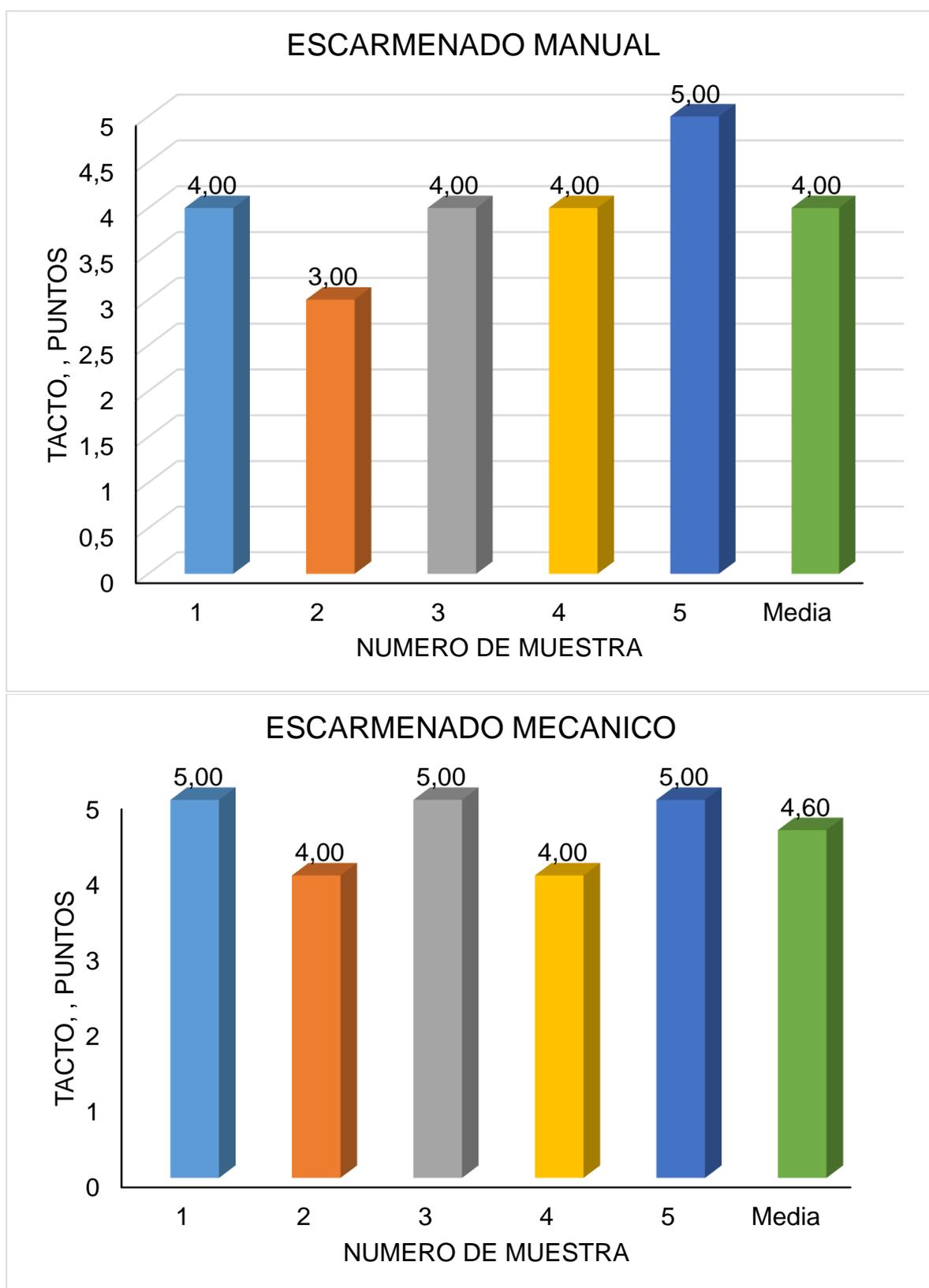


Gráfico 10. Tacto de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

2. Vista

Los valores medios reportados por la característica sensorial de vista de la lana ovina registro diferencias significativas ($P = 0,01$), al comparar el escarmenado mecánico con el manual determinándose los resultados más altos al realizar el proceso de escarmenado en el prototipo mecánico ya que el valor promedio de vista fue de 4,60 puntos con un error típico de 0,24 y una media y moda de 5 puntos lo que le da un carácter de excelente mientras tanto que al realiza el escarmenado en manual el resultado fue inferior con una media de 3,60 puntos y un error típico de 0,24; además se aprecia una mediana y moda de vista correspondiente a 4 puntos considerando que la aprobación sensorial le ubica en una ponderación de muy buena, como se ilustra en el gráfico 11. De los resultados expuestos se considera que es rentable utilizar el escarmenado mecánico para conseguir que la calificación de vista alcance la mayor ponderación es decir excelente.

Lo que es corroborado según Elvira, M (2005), quien manifiesta que la lana, lavada adecuadamente, es proteína prácticamente pura ya que luego del lavado industrial el contenido graso es, en general, de sólo 0,4% aproximadamente, facilitando una vez seco el vellón, cuando el proceso es correctamente realizado el escarmenado. Por hidrólisis de las queratinas de la lana se obtienen 18 aminoácidos. La cantidad relativa de estos aminoácidos puede variar de una muestra a otra para distintas zonas de un mismo vellón, entre animales de una misma majada, según la raza, estado sanitario y alimentación del animal, Hay un balance aproximado entre los grupos ácidos y básicos. Cuando este balance se rompe se producen cambios importantes en algunas propiedades de la fibra: en la resistencia a la tracción, en la supercontracción y en su capacidad de aceptar el fijado dimensional ("settability"). Esto es debido principalmente a la disminución de interacciones electrostáticas e hidrofóbicas internas y a la ruptura de enlaces hidrógeno. Los enlaces disulfuro de los "residuos" cistina entre cadenas polipéptidas contiguas restringen el movimiento entre estas. Las propiedades de la lana se modifican si estos enlaces puentes se rompen dando lugar a grupos tioles.

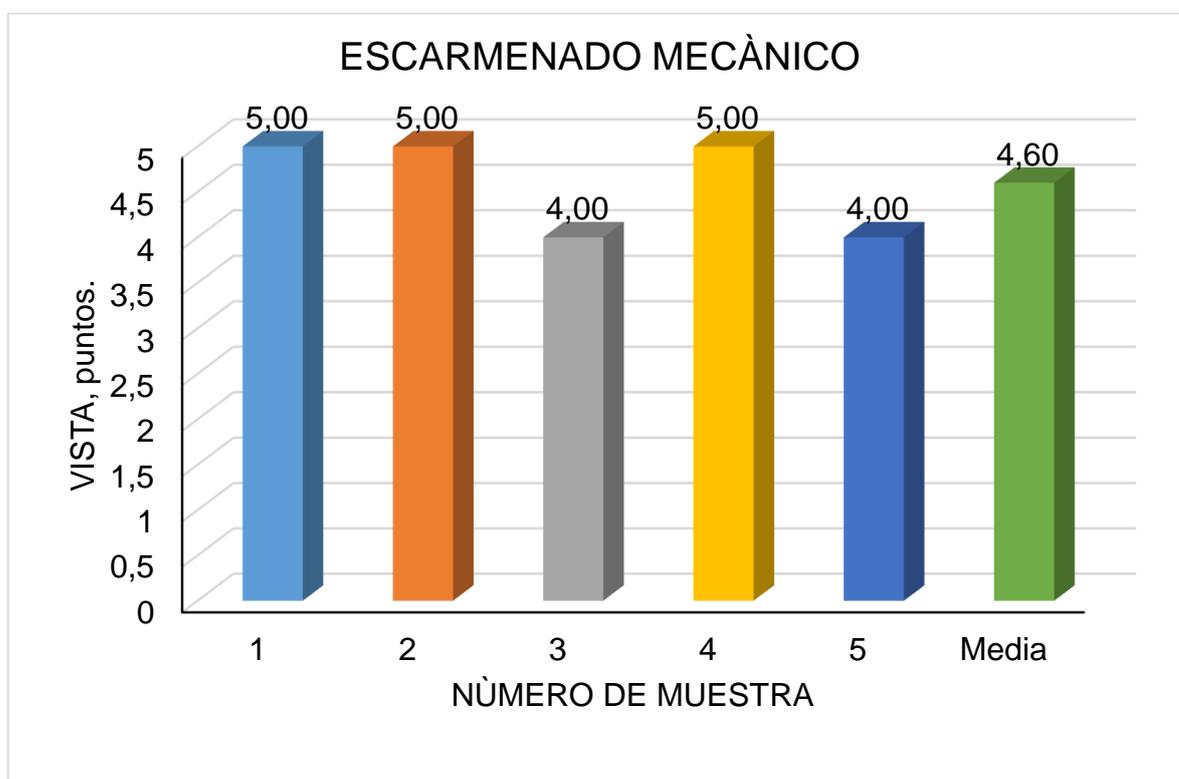
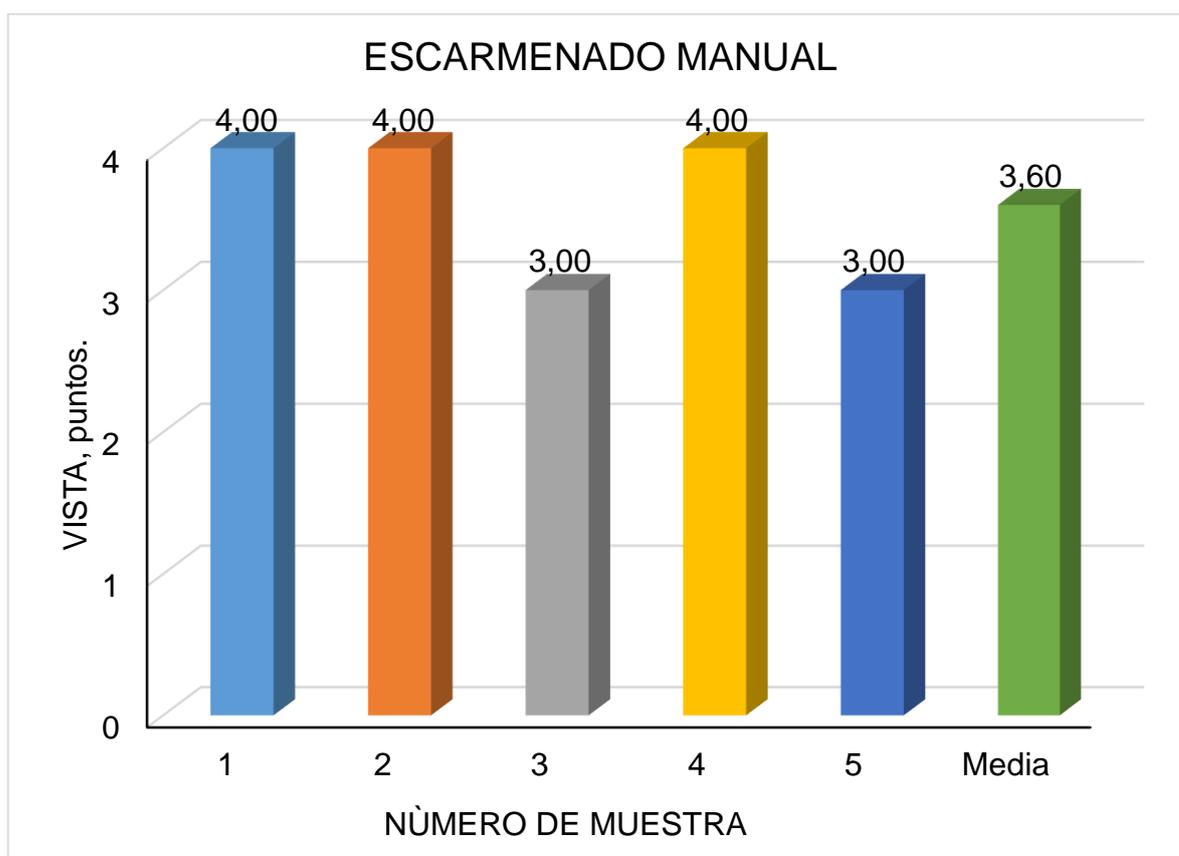


Gráfico 11. Vista de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Además, Peña, L. (2002). menciona que la ruptura y la nueva formación del enlace disulfuro en otro lugar juega un rol clave en el fijado dimensional (“setting”) de las telas de lana, que al ser observada se presentan no como un cuerpo homogéneo sino más bien como porciones de vellos difuminado o disperso mas no como un solo cuerpo agradable, y esto perjudica mucho el momento del hilado pues se rompe cada momento. Es decir la lana bien escarmenada cuando se realiza una apreciación a la vista debe ser Suave, lustrosa, con ondulaciones homogéneas y un color definido: Son parámetros complementarios a tener en cuenta, con un gran componente étnico o racial y conforman atributos específicos de los diferentes tipos de lanas.

Jácome, T. (2016), indica que en el escarmenado se puede evitar la desuniformidad que se refiere a las diferencias existentes entre los diámetros de las lanas de las distintas regiones del vellón, o de la misma mecha, o entre ejemplares de una misma camada, o al conjunto de la lana que se produce en una determinada zona, que ocasiona serios inconvenientes en las prácticas comerciales e industriales. La industria textil procura grados específicos de finuras en las partidas, a fin de evitar clasificaciones, subdivisiones y mezclas. Por lo tanto, las lanas uniformes que se ajustan a sus necesidades manufactureras, son las de mayor demanda y a su vez acreditan las mejores cotizaciones. El defecto es común en ecotipos diferentes dentro de una misma raza, en cruzamientos entre razas realizados sin objetivos definidos y en majadas poco seleccionadas.

3. Pureza

Al realizar el análisis de las estadísticas descriptivas de la lana ovina escarmenada en el prototipo mecánico de la FCP, se aprecia diferencias altamente significativas al comparar el proceso manual versus el mecánico, determinándose las respuestas más altas al realizar el escarmenado mecánico ya que las puntuaciones fueron de 4,60 puntos con un error típico de 0,25 y una mediana y moda de 5 puntos es decir una calificación excelente del vellón en lo referente a la pureza, como se ilustra en el gráfico 12.

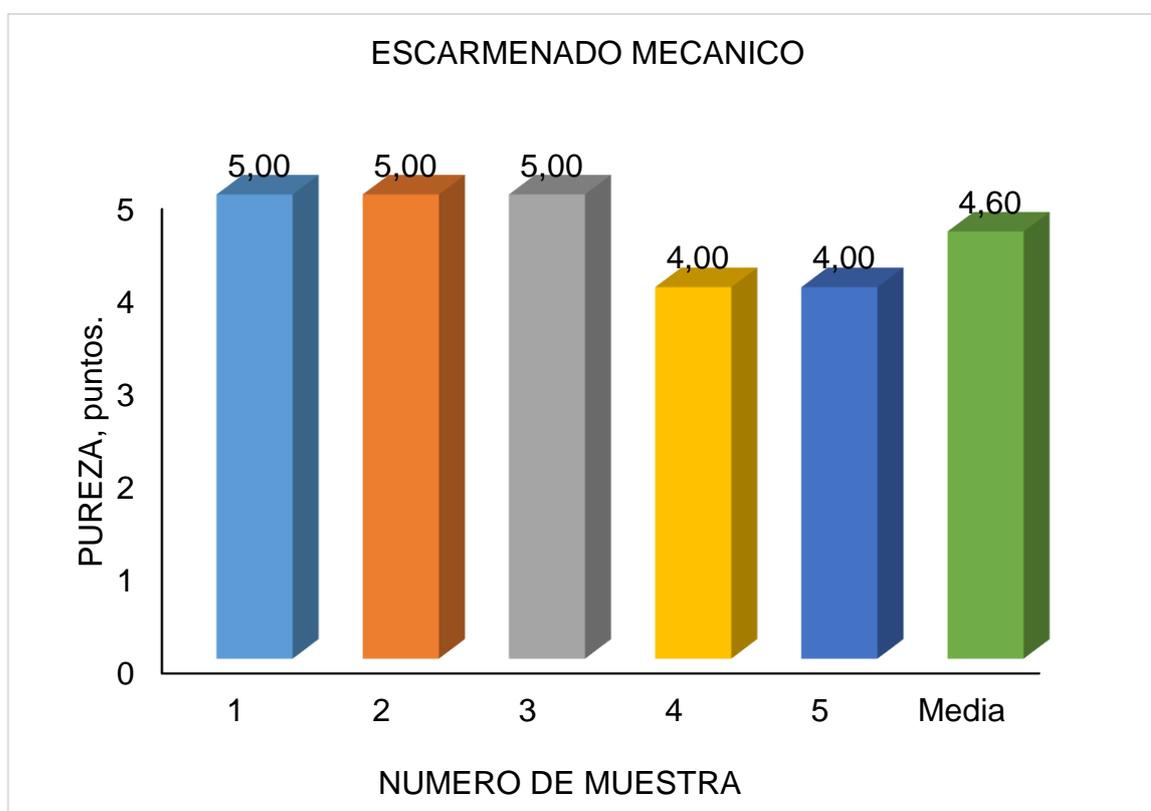
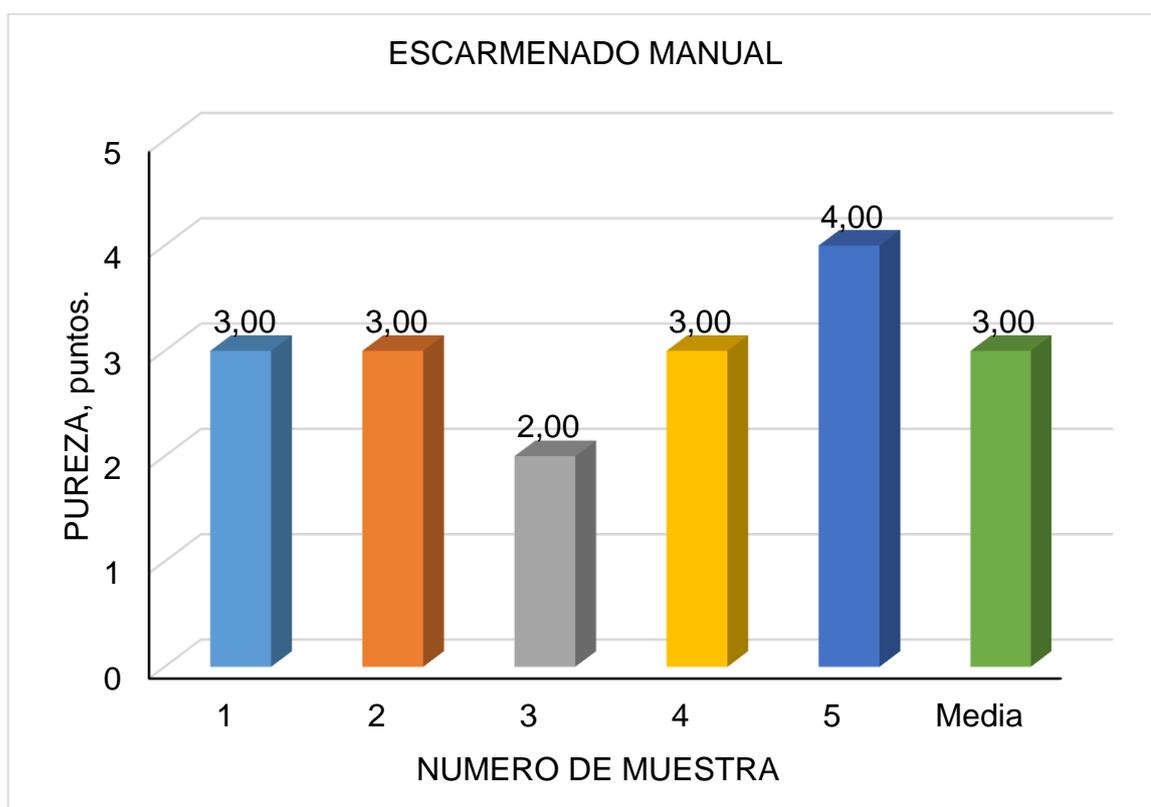


Gráfico 12. Pureza de la lana ovina escarmenada en forma manual y en el prototipo mecánico de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Mientras tanto que al realizar el escarmenado manual se aprecia que las puntuaciones bajan alcanzando respuestas de 3 puntos, con un error típico de 0,32 y una mediana y moda de 3 puntos, lo que le otorga una calificación de baja, es decir que después del lavado es ventajoso realizar el escarmenado en el prototipo mecánico de escarmenado de la lana ovina ya que se obtiene una mejor pureza del vellón.

Al respecto Elvira, M. (2005), manifiesta que la lana, es una fibra natural, renovable, no contaminante y biodegradable. La creciente conciencia de que el mundo es frágil y que debemos preservarlo, ha incrementado el interés por los productos que la naturaleza brinda directamente, sin alterar el equilibrio ecológico. La lana, es uno de los pocos elementos que se utilizan para la finalidad para la que fue creada por la propia naturaleza: servir de aislante entre el rigor del clima, cálido o frío y un cuerpo vivo. Un vellón de calidad debe ser de color blanco puro, con mechas de buen tiro, suave al tacto y protegido por abundante cantidad de cera fluida. Una de las principales características que debe tener un vellón ideal es una adecuada arquitectura de vellón permite una rápida ventilación y secado después de ser mojado. Además, sus mechas han de ser "carnudas" con puntas planas o romas en las lanas finas y cilíndricas en lanas de mayor grosor, separadas entre sí, pero sin perder densidad. Sus ondulaciones o rizos deberán tener regularidad uniforme desde la punta hasta la base de la mecha. Por lo general, la estructura de estos vellones suele ser desordenada e irregular (mala arquitectura), de poco carácter y/o estilo indefinido.

La lana comúnmente es áspera y pegajosa al tacto, debido a la baja calidad de sus secreciones. Se sabe que cuanto más tarda el vellón en secarse, mayor es la predisposición a diferentes patologías asociadas con el color, por proliferación de bacterias y hongos cromógenos (que forman color). Por otra parte, como las mechas suelen terminar en punta y tener médula, este tipo de arquitectura defectuosa, ofrece una mayor superficie de exposición a daños ambientales

E. MANUAL DE PROCEDIMIENTO DEL PROTOTIPO MECÁNICO PARA EL ESCARMENADO DE LANA OVINA

Este manual debe ser leído atentamente antes de proceder a instalar y utilizar este equipo. Antes de usar la máquina lea cuidadosamente, comprenda y respete las instrucciones de seguridad. La conexión eléctrica será realizada por un electricista calificado como se muestra en la Fotografía 5.



Fotografía 5. Máquina para descarnar la lana.

1. Especificaciones generales

Este equipo es una máquina para escarmenar lana ovina o demás fibras de origen animal, está compuesta por dos placas de púas, una inferior que es fija y la superior que es movible, las mismas que permiten el escarmenado de la lana ovina, también cuenta con una bandeja recolectora de impurezas que se encuentra en la parte inferior de la máquina. Para obtener el mejor rendimiento de este equipo hemos

redactado el presente manual, que le pedimos leer atentamente y tener en cuenta cada vez que vaya a utilizarla siguiendo al pie de la letra las normas de seguridad. El presente manual de uso y mantenimiento es parte integrante del equipo escarmenador de lana ovina. Tiene que conservarse con adecuadamente para poder consultarlo siempre que sea necesario. Si se entrega el equipo a terceros, aconsejamos entregar también este manual.

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

- Verifique que el voltaje de alimentación coincida con las especificaciones requeridas por la máquina.
- Proteja el cable de alimentación del calor, aceites y bordes agudos. Colóquelo de tal forma que, al trabajar, no moleste ni corra riesgo de deterioro.
- Revise periódicamente el cable de alimentación en busca de daños en la aislación y llévelo a un centro de servicios autorizado para separación en caso de estar dañado

2. Instrucciones de seguridad específicas para el proceso de escarmenado de lana

- Antes de empezar con el escarmenado de la lana se recomienda utilizar equipo de producción (overol, delantal de cuero, guantes de cuero y protección auditiva).
- Colocamos una bolsa grande en la parte frontal de la máquina para recolectar la lana escarmenada.
- Una vez encendida la maquina tener mucho cuidado con la placa superior de la maquina puesto que es movable.
- Antes de colocar la lana en la maquina se recomienda mantener una postura recta sin inclinarse hacia la máquina para evitar accidentes.
- Cuando la placa se dirige hacia adelante colocamos pequeñas cantidades de lana en la placa inferior de la maquina evitando colocar en exceso para no forzar el trabajo de la máquina.
- Una vez que se ha terminado con el escarmenado de la lana procedemos a limpiar la máquina.

Los materiales que no se pueden usar son lanas que se encuentren sin lavar debido a que la lanolina presente en ellas no permite un escarmenado adecuado de la lana. Este equipo se puede usar con:

- Lana lavada de ovinos
- Alpacas
- Vicuñas
- Llamas

3. Procedimiento de limpieza

- Asegúrese que la maquina este apagada y Desconecte el cable alimentador de corriente.
- Vaciar la bandeja de recolección de impurezas que se encuentra en la parte inferior de la máquina y limpiar con una brocha la bandeja.
- Utilizando una brocha limpiamos todos los restos de impurezas que se encuentran en la máquina.
- Con un agujón largo y teniendo mucho cuidado de no hacerse daño retiramos los restos de lanas que se entran en las púas inferiores y superiores.
- Con una brocha y teniendo cuidado de no lastimarse limpie los espacios que hay entre las púas retirando todas las impurezas.
- Volver a colocar la bandeja recolectora en la máquina.

F. MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA ESCARMENADORA DE LANA

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

- Limpie la Máquina después de utilizarla, asegurándose de no dejar restos de lana en el interior; con el objeto de evitar que se acumule en gran cantidad de lana entre las púas.

- Lubrique periódicamente los rodamientos por medio de las graseras de cada uno de ellos cada 3 meses.
- Verifique el estado de las correas de transmisión, de ser necesario reemplácelas por una de iguales características cada 6 meses.

1. Cuidado del equipo y del operario

a. Cuidados del equipo

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

- Se debe realizar una inspección del equipo antes de la operación del mismo, verificando que las bandas, el motor, las bandejas se encuentren en su posición adecuada y con sus características normales, y si en esta inspección se tiene alguna observación evitar realizar la operación de la máquina.
- Se debe realizar un mantenimiento progresivo ya sea unas dos veces al año, o cuando se presente alguna anomalía, en general se preferirá un mantenimiento preventivo con lo que se llamara a un experto en equipos mecánicos y el verificara si el equipo está funcionando correctamente y si todas su partes se encuentran en normal funcionamiento.
- Cuando se tenga alguna anomalía en las bandas se recomienda cambiar las mismas, ya que no tienen un costo elevado, de lo contrario el motor puede sufrir daños ya que realizara un sobreesfuerzos y puede dejar de funcionar por esto.
- Se debe verificar que cuando se realice la operación del equipo, las instalaciones eléctricas estén correcto funcionamiento, además de que se debe verificar que no exista presencia de agua o alguna sustancia química en el suelo de las instalaciones, se debe verificar que los cables se encuentren en estado

normal y que no estén siendo aplastados o se encuentre algún objeto extraño en la maquina o en las instalaciones.

- A las bandejas se les debe realizar una prueba de corrosión, para evitar que se ocasionen perforaciones por este efecto, se puede utilizar cualquier tipo de técnica, es recomendable cada dos meses colocar barnices en todas las partes de la máquina para evitar la corrosión, también se debe verificar que en la parte de las soldaduras estén de color plateado, y si se presente algún color extraño como café o amarillo colocar barniz en esas partes y pintar.
- Realizar una inspección técnica de todo el equipo 1 vez por mes, verificando que todas las partes estén de acuerdo al diseño además de que se si existe alguna anomalía se debe reparar esta para evitar daños definitivos en la máquina.

b. Cuidados del operador

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

- Antes de operar la maquina verificar si el operario cuenta con todos sus equipos de protección personal, para el caso de manipulación de la escarmenadora de lana es fundamental llevar gafas de seguridad, overol y guantes de cuero, si el operador no tiene alguno de estos objetos no se dejara operar la máquina para evitar que se corra riesgos.
- El operario debe estar en estado de sobriedad ya que si se detecta que está bajo los efectos del alcohol, no se le dejara operar la maquina sea cual sea la condiciones, además se debe asegurar que no presente alguna enfermedad que pueda afectar a sus sentidos si se presenta algún tipo de enfermedad de esa clase se le prohibirá operar la máquina.

- Antes de depositar la lana en la bandeja de carga, verificar que el paso de corriente sea nulo y que el equipo este desconectado para evitar cualquier incidente, además de verificar que no exista ningún objeto en el suelo o en la bandeja de carga.
- Durante el proceso de operación de la maquina el operario no se podrá acercarse a más de un 1 metro a la maquina mientras se encuentre funcionando, y verificar que nadie más se acerque al equipo mientras se encuentra e operación.
- Una vez que se a apagado el equipo, desconectar y dejar reposar, cuando las bandas han dejado de rodar es seguro que el operador se acerque y retire la bandeja de descarga y verifique si se ha cumplido con el escarmenado, con esto se asegura que no exista riesgos por defecto de atoramiento o de algún tipo de daño físico que pueda sufrir el operario.
- Evitar algún tipo de distracciones mientras se está operando el equipo, además de que no se podrá ingresar a las instalaciones con comida o bebidas alcohólicas ya que todo esto puede afectar al operario y exponerlo a un riesgo
- Se debe colocar toda la señalética respectiva en las instalaciones además de que el encargado del laboratorio deberá obligatoriamente leer las normas de seguridad y darlas a conocer y explicar la señalética del laboratorio, y si se determina que algún estudiante no cumple con las normas que se indicaron en el manual no dejar operar el equipo con lo que se asegura que no existan riesgos para las demás personas que realizan la práctica.

H. PROYECCIÓN ECONÓMICA

La compra o importación de un equipo para automatizar una empresa en este caso textil se convierte en una inversión muy alta por lo tanto difícil de adquirir, sobre todo para aquellos procesos como es el escarmenado de la lana es realizado en forma manual y cuya técnica ha pasado de generación en generación. Sin embargo, por los resultados de la presente investigación es fácil darse cuenta que las características de la lana escarmenada se mejoran significativamente al realizar

este proceso en el prototipo mecánico objeto de la presente investigación que tuvo un costo de 2580 dólares, incluido todos los materiales construcción, mano de obra y varios.

En el diseño y construcción del prototipo mecánico escarmenadora de lana para la Facultad de Ciencias Pecuarias, se tomó como referencia las cotizaciones especialmente de equipos de origen asiático y que ya en nuestro país tendrían un costo de 7000 dólares, con las especificaciones necesarias para conseguir la apertura de la fibra de lana, por lo tanto la comparación con el costo del equipo de la presente investigación es muy alto, y sobre todo muy difícil de incursionar sobre todo por pequeños artesanos que requieren automatizar el proceso de obtención de materia prima como es la lana para la confección de prendas muy delicadas y sobre todo de gran tracción sobre todo de las personas extranjeras que saben valorar las bondades y belleza de los textiles de lana pura.

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

Cuadro 8. COSTOS DEL PROTOTIPO MECÁNICO

Cantidad	Descripción del producto	Precio unitario	Total
1	Tubo cuadrado de acero al carbón de 40 mm x 2 mm.	40	40
3	Plancha en acero al carbón con un espesor de 3mm	50	150
2	Plancha de acero al carbón de 1 mm.	75	150
2	Plancha acero inoxidable de 1 mm.	50	100
2	Eje de transmisión de 1 pulgada.	125	250
1	Chumaceras de pared de 1 pulgada.	50	50
1	Caja reductora I 50.	50	50
2	Poleas 6,4 pulgadas.	40	80
3	Banda A 31.	20	60
	Motor electrico de baja de ½ Hp		30
	Puas en acero inox.		40
	Gabinete: fabricado en madera secado y barnizado.		60
	Materiales varios y mano de obra		700
1	Pintura latex		
		SUB TOTAL	2580
		IVA 14%	0
		TOTAL	2580

V. CONCLUSIONES

- El Diseño y construcción de una máquina para realizar el escarmenado de lana ovina en el Laboratorio de lanas de la Facultad de Ciencias Pecuarias, permitió el enriquecimiento del conocimiento de los estudiantes al interrelacionar la parte teórica con la práctica .
- La eficiencia de la máquina de escarmenado es del 92% luego de realizado los ensayos correspondientes, nos permite estimar que la tecnología aplicada en su construcción es la correcta y que los resultados que se consigan en el proceso de escarmenado servirán no solo para lana ovina sino también para fibras de otras especies, que será muy adecuado para garantizar su uso en la confección de las más finas prendas.
- Los resultados de las pruebas físicas y sensoriales de la lana escarmenada en el prototipo mecánico validan su diseño ya que se consigue una mayor elongación (59,50%), mayor porcentaje de motas eliminadas (84,40%), y sobre todo una calificación de vista (4,60 puntos) , pureza (4,60 puntos), y tacto (4,60 puntos).
- Los costos de construcción del prototipo mecánico fueron de 2580 dólares americanos que al ser comparado con las proformas de equipos de similares especificaciones son muy bajos, y al ser validados de acuerdo a los resultados expuestos se los puede replicar, para conseguir la automatización de una empresa textil.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados expuestos se derivan las siguientes recomendaciones:

- Para la utilización de la maquina escarmenadora es necesario que la materia prima este previamente lavada y bien seca para poder obtener una mayor eficiencia de la máquina.
- Es aconsejable escarmenar la lana en forma mecánica, es decir en el prototipo que se diseñó en la FCP, para conseguir que las resistencias físicas y las calificaciones sensoriales se mejoren significativamente sobre todo al compararlas con un escarmenado manual, y de esa forma validar el funcionamiento del equipo objeto de la presente investigación.
- Se recomienda la colocación de las púas tanto en la parte fija como en la parte móvil de la máquina, un número mayor de púas con un menor diámetro, con el fin de obtener un mejor escarmenado.
- Efectuar el diseño de equipos similares al del presente trabajo para solucionar problemas de automatización de los procesos de la lana.

VII. LITERATURA CITADA

1. ARGEMTO, D. (2009). Componentes de la lana ovina. Disponible en: <http://www.monografias.com>
2. BAEZ, M. 2005. El proceso productivo de la lana. Disponible en: <http://www.zonaeconomica.com/explotaciones-ovinas/proceso-productivo>
3. BENAVIDES, P. 2010. Estudio del diámetro, raza y largo de la lana ovina. Disponible en: <http://www.lainesdici.ch>.
4. BIANCHI, G. 2000. Producción de lana fina como sinónimo de competitividad y calidad. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
5. BLANCO, J. 2009. Estructura de la lana ovina. Disponible en: <http://www.geocities.cucba.com>.
6. BLANXART, S. (2010). Estudio de los folículos primarios de la lana ovina. Disponible en: <http://www.cdrtcamos.es>. <http://www.agrodigital.com>
7. CAYUELA, D; GACÉN, I. 2008. Parámetros ópticos y químicos de lanas merinas españolas. Revista de Química Textil, núm. 137. Barcelona España. se. pp. 84- 87.
8. ELVIRA, M. 2005. Características de lanas Merino e importancia en el procesamiento industrial. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
9. HIDALGO, L. 2004. Texto básico de Curtición de pieles. sn. Riobamba, Ecuador. Edit. ESPOCH. pp. 10 – 56.

10. GORDON, J. 2010. Estructura de la fibra de lana ovina. Disponible en: <http://www.agrodigital.com>.
11. JÁCOME, T. 2016. El escarmenado de la lana ovina . Disponible en: <https://reddelana.com/2015/01/27/las-propiedades-de-la-lana/>
12. LAGUNA, D. 2010 Estructuras accesorias del folículo. Disponible en: <http://www.ecotextile.com>.
13. LÓPEZ, F. 1988. Influencia de la humedad relativa y de la temperatura de las salas de hilatura sobre el comportamiento reológico de las materias fibrosas. Revista de la Industria Textil, núm.181, Guanajuato, México. se. pp. 44.
14. MACLAREN, J Y MILLIGAN, B. 2011. Ciencias de la Lana, La reactividad química de la fibra de Lana. Australia. pp. 45 – 50.
15. MEJIA, F. 2014. Programa de textilización: Ciencia textil. Las fibras naturales de origen animal 2. Disponible en: <https://programadetextilizacion.blogspot.com/2015/01/capitulo-3-las-fibras-naturales-de.html>
16. MEDINA, R. 2004. Lanatural, propiedades de la lana. Disponible en: http://www.cdrtcamos.es/lanatural/info_lana.htm
17. MONTOSI, F. 2009. Acondicionamiento Diferencial en Lanos Superfinas: Una Oportunidad de Diferenciar y Agregar Valor. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>

18. NUBIOLA, J. 2010. Propiedades químicas de la lana ovina. Disponible en: <http://www.rutasdelalana.eu>.
19. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, (2015). Riesgos de la salud producidos por el ruido. Disponible en: <http://www.who.int/topics/deafness/safe-listening/es/>
20. PALET, D. 1988. Consideraciones sobre el control de calidad en preparación, hilatura y acabado de los hilos de estambre. Revista Técnica Textil Internacional, vol. 32, núm.6, Guanajuato, México. Edit. Pey. p.39.
21. PALET, M. 2008 Medición Objetiva de las principales características de las lanas. Técnica Textil Internacional, núm.33, 6. Guanajuato, México. Se. Pág. 31-39.
22. PALET, D. y ARBOLEDA, M. 2008. Experiencias en el deslanado biológico. Revista de la Industria Textil, núm. 324. Guanajuato, México. Edit. Pey. pp 10 -13.
23. PEÑA, L. 2002. Apuntes de lanas y otras fibras. sn. . Riobamba, Ecuador. Edit. FCP-ESPOCH. pp. 23 -41.
24. REDLANA, 2015. Propiedades de la lana. Disponible en: <https://reddelana.com/2015/01/27/las-propiedades-de-la-lana/>
25. RODELLINO, L. 2008. Química- Técnica de Tenería. 1a ed. Madrid, España. Edit. CETI. pp. 682 – 732.
26. SAHEB, D. 1999. Composición de las fibras naturales. 2a ed. Los Ángeles, Estados Unidos. Edit. Polymer Technology. pp. 10 – 23.
27. SANCHEZ, R. 2003 Crianza y mejoramiento de ovejas. Lima, Peru. Edit. Ripalpe. Pp. 115 -116-117

28. SAHED, D. 1999. Composición de las fibras naturales. 2a ed. Los Ángeles, Estados Unidos. Edit. Polymer Technology. pp. 10 – 23.
29. SOLA, J. 2000. Química aplicada a la tintura y blanqueo de lana. 1a ed. Lima, Peru. Edit La llama. Pp 23 – 35.
30. THORSTENSEN, E. 2012. El cuero y sus propiedades en la Industria. 3 a ed. Munich, Italia. Edit. Interamericana, pp 325- 386.
31. TORRACA, A. AGUIRRE, A. 2000. Proyecto de Gestión Sustentable para la Producción de Lana Fina. PRODESAR Módulo Chubut. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
32. TRONFI, A. 2006. Hacia una mejor calidad de lana. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
33. VILLA, P. 2013. ESCARMENADO DE LA LANA CARDAS MANUALES. CENTRO DE RANCO CHILE Disponible en: <http://hechoenranco.blogspot.com/2011/04/escarmenado-de-la-lana-cardas-manuales.html>

ANEXOS

Anexo 1. Manual Técnico del prototipo mecánico para escarmenar diseñada, construida e instalada en la facultad de Ciencias Pecuarias

ESCARMENADORA DE LANA CIIP001.

Nuestra Maquina, escarmenadora o abridor de lana, se utiliza para preparar la lana, aumentando la calidad y disminuyendo el tiempo de trabajo.

Largo: 70 cm

Ancho: 40 cm

Alto: 150 cm

580 Puas

Capacidad de procesar 2 Kilos hora.

Cuenta con bandeja para recolectar impurezas.

FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO.

Procedencia. Nacional.

Marca. CIIP

Serie. CIIP 00 1

Motor. Electrico ½ Hp.

Alimentación. 112 /240 V

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA MAQUINA

Tubo cuadrado de acero al carbón de 40 mm x 2 mm.

Plancha en acero al carbón con un espesor de 3mm.

Plancha de acero al carbón de 1 mm.

Plancha acero inoxidable de 1 mm.

Eje de transmisión de 1 pulgada.

Chumaceras de pared de 1 pulgada.

Caja reductora I 50.

Poleas 6,4 pulgadas.

Banda A 31.

Motor electrico de baja de ½ Hp.

Puas en acero inox.

Gabinete: fabricado en madera secado y barnizado.

MANTENIMIENTO

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

Lubrique periódicamente los rodamientos por medio de las graseras de cada uno de ellos cada 3 meses.

Verifique el estado de las correas de transmisión, de ser necesario reemplácelas por una de iguales características cada 6 meses.

Limpie la Máquina después de utilizarla, asegurándose de no dejar restos de lana en el interior; con el objeto de evitar que se acumule en gran cantidad en las puas.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA FABRICACIÓN DE LA MAQUINA.

Tubo cuadrado de acero al carbón de 40 mm x 2 mm.

Plancha en acero al carbón con un espesor de 3mm.

Plancha de acero al carbón de 1 mm.

Plancha acero inoxidable de 1 mm.

Eje de transmisión de 1 pulgada.

Chumaceras de pared de 1 pulgada.

Caja reductora I 50.

Poleas 6,4 pulgadas.

Banda A 31.

Motor electrico de baja de ½ Hp.

Puas en acero inox.

Gabinete: fabricado en madera secado y barnizado.

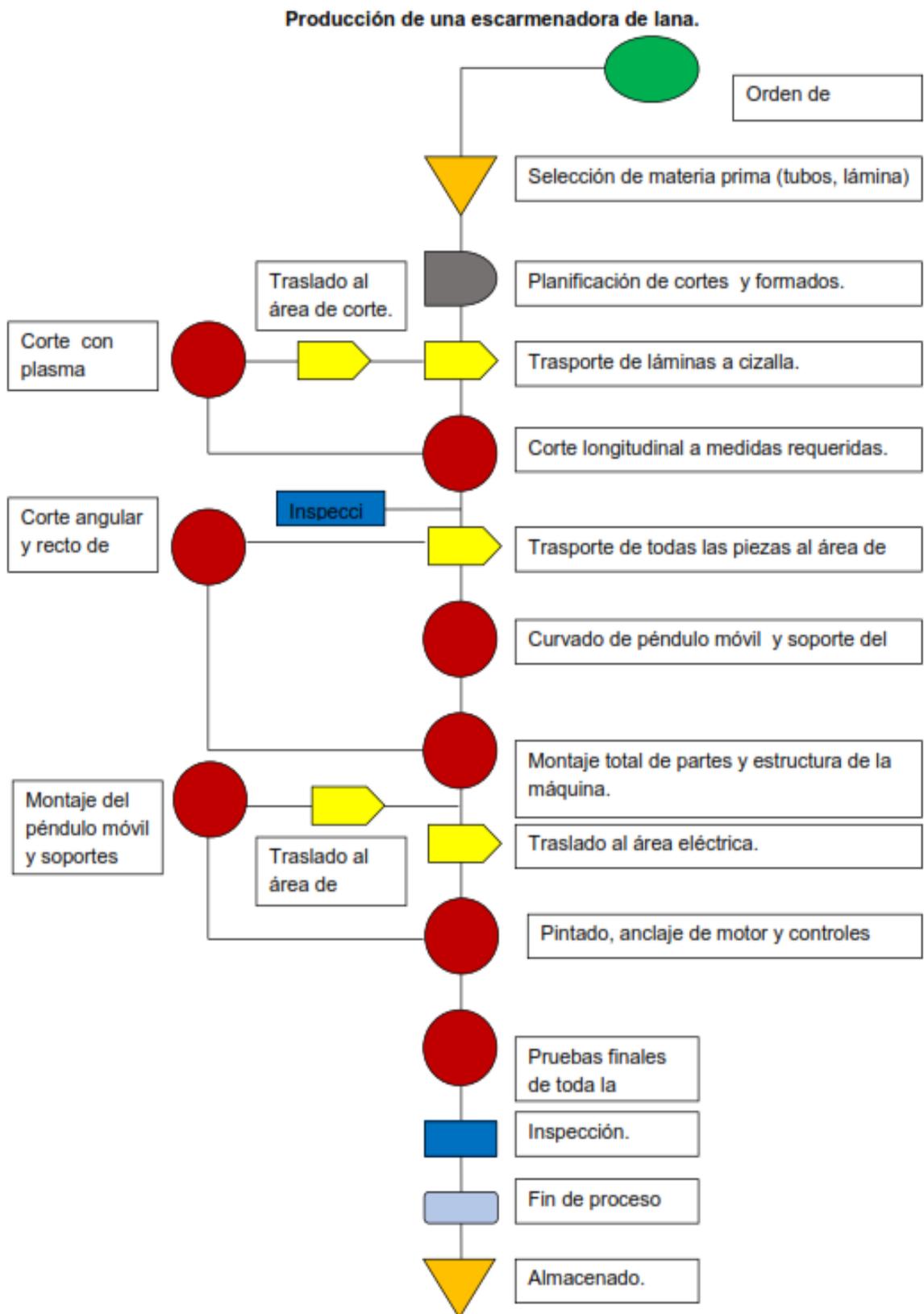
Cantidad	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
1	Tubo cuadrado de acero al carbón de 40 mm x 2 mm.
1	Plancha en acero al carbón con un espesor de 3mm.
1	Plancha de acero al carbón de 1 mm.
1	Plancha acero inoxidable de 1 mm.
1	Eje de transmisión de 1 pulgada.
4	Chumaceras de pared de 1 pulgada.
1	Caja reductora I 50.
4	Poleas 6,4 pulgadas.
4	Banda A 31.
1	Motor eléctrico de baja de ½ Hp
4	Puas en acero inox.
1	Gabinete: fabricado en madera secado y barnizado.
1	Materiales varios y mano de obra
1	Pintura latex

Anexo 2. Procedimiento de elaboración de la maquina escarmenadora de lana

El diseño y construcción del prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina se realizó en las instalaciones de la mecánica Minox, mientras tanto que la instalación e implementación del equipo se efectuó en el laboratorio de fibras y lanas de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH, y se utilizó el siguiente procedimiento:

- En la mecánica industrial Minox primeramente se procedió a realizar un boceto a mano para tener una idea clara de cómo se quería construir la maquina escarmenadora.
- Posteriormente seleccionamos y cortamos con las medidas requeridas los materiales adecuados que fueron utilizados en la construcción del prototipo mecánico para el escarmenado de lana ovina.
- Luego se armó una estructura metálica de acero al carbón la misma que sirve de soporte a las diferentes piezas que incluye la el prototipo mecánico.
- Se colocó una platina de transmisión de eje que soporta el péndulo movable con púas de acero inoxidable que permite mover el péndulo con mayor facilidad.
- A continuación se procedió a calibrar las planchas de púas de acero inoxidable las mismas que van intercaladas las superiores con las púas inferiores con el fin de evitar el rozamiento entre estas púas al momento de realizar el trabajo de escarmenado.
- Por último se realizó el anclaje y automatización del prototipo mecánico utilizando un motor de $\frac{1}{2}$ hp y un sistema de bielas que permiten que el péndulo móvil tenga un movimiento de vaivén.
- Una vez probado el equipo y teniendo en cuenta que funciona adecuadamente se procedió finalmente al pintado
- Posteriormente instaló un breaker que opera como mando ON – OFF
- Finalmente se realizó pruebas piloto de 5 muestras de lana cada una de 200 gramos, posteriormente se realizó los diferentes análisis tanto físico como sensoriales de la lana escarmenada, así como también la evaluación del equipo.

Anexo 3. Flujograma del proceso de escarmenado de lana



Anexo 4. Evidencia fotográfica del proceso de diseño, construcción e instalación del prototipo mecánico para escarmenar lana









a) Operación de escarmenado de las lanas





b) Pruebas Físicas de las lanas escarmenadas



