

Construcción de una máquina artesanal cardadora de fibra de alpaca

A. Portilla

¹ Carrera de ingeniería en Mecatrónica, FICA, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de Julio, Ibarra, Ecuador
eaportillab@utn.edu.ec

Resumen. *La crianza de alpacas es una actividad relativamente nueva en el Ecuador si se compara con las industrias textiles de Perú y Bolivia, donde tienen un gran mercado interno y para exportación a nivel mundial.*

Las condiciones ambientales que presentan los páramos de la sierra ecuatoriana son idóneos para la crianza de este animal, por lo que comenzó a crecer esta industria, pero uno de los inconvenientes que se presentan es que al ser una industria nueva, no existe maquinaria adecuada para dar tratamiento a las fibras.

La maquinaria textil es un factor importante en la producción de hilos, ya que la calidad de los hilos está directamente relacionada con la materia prima, al igual que con la maquinaria textil empleada para tratar la fibra.

La investigación que se hizo de los sistemas actuales de cardado, además de los elementos que intervienen se propuso la construcción de una máquina que es capaz de variar la velocidad de los rodillos cardadores, además de poder variar en un rango de 5 mm la separación entre estos mismos, de esta manera según la relación entre velocidad y distancia se puede cardar los diferentes tipos de fibras y obtener un manto de buena calidad.

Palabras Clave

Cardado, alpacas, maquinaria, textil.

Abstract. *Raising alpacas is a relatively new activity in Ecuador compared to the textile industries of Peru and Bolivia, where they have a large domestic market and export worldwide.*

The environmental conditions of the paramos of the Ecuadorian highlands are ideal for raising this animal, which is why this industry began to grow, but one of the drawbacks is that since it is a new industry, there is no suitable machinery to Treat the fibers.

The textile machinery is an important factor in the production of yarns, since the quality of the yarns is

directly related to the raw material, as with the textile machinery used to treat the fiber.

The research that was made of the current carding systems, in addition to the elements involved, proposed the construction of a machine that is capable of varying the speed of the carding rollers, in addition to being able to vary in a range of 5 mm the separation between These same, in this way according to the relationship between speed and distance can be carded the different types of fibers and obtain a mantle of good quality.

Keywords

Carding, alpacas, machinery, textiles.

1. Introducción

La comuna La Florida pertenece a la parroquia Mariano Acosta del cantón Pimampiro y maneja un hato de 16 alpacas como proyecto alternativo de conservación productiva de los páramos. Sus habitantes aprovechan la fibra de los animales para la elaboración de prendas para autoconsumo y venta a turistas o visitantes locales.

Las máquinas usadas actualmente son para tratamiento de fibra que se obtiene de la oveja, que son más gruesas, y al usarlas con la fibra de lana de alpaca, se la maltrata y rompen, perdiendo de esta manera la resistencia del hilo así como su calidad. La construcción de una máquina adecuada para la fibra de alpaca contribuirá al desarrollo de la comunidad pudiendo optimizar tiempo, con mayor uniformidad de producción y mejor calidad de hilo. Así se ayuda al desarrollo de los habitantes y de la comunidad.

La construcción de mini-mills ha sido una forma de obtener el mismo producto, que una máquina totalmente industrial. Es por eso que la empresa Ramella ha desarrollado la máquina de cardado RAMELLA CARDER W.W. [1]. El uso no puede ser exclusivo para la industria, ya que se puede usar como máquina de laboratorio, al poder cambiar los parámetros del cardado lo cual general la posibilidad de trabajar con fibras naturales y artificiales.

Por otro lado el grupo Truetzschler [2], ha trabajado en el nuevo sistema MAGNOTOP, el cual trabaja con una cinta, con secciones cortas de guarniciones. Los chapones están unidos por correas dentadas para asegurar el guiado.

Las guarniciones están compuestas de un tira metálica flexible, y de esta manera se fijan a un barra de aluminio con imanes de neodimio de alta energía, que asegura la sujeción y su correcto funcionamiento [2].

El grupo Truetzschler, con la generación de cardadoras TC, en el cual se puede variar la distancia de los chapones en segundos, además de variar la velocidad de los chapones independiente de la velocidad del rodillo transportador, a través de un variador de frecuencia, esto significa que la carda se puede ajustar de manera individual y se puede adaptar a la materia prima que se vaya a procesar [2]. Pero el ajuste es manual, y depende de la interpretación del operario.

En su artículo Kuo y Hsieh (2001), analizan la incorporación de un sistema de control para un sistema de rodillos de cardado, y aumentar la eficiencia para el proceso de producción real, elaborando el modelo matemático de la planta y diseñándolos controladores P, I y PI, con un resultado que el controlador PI es el adecuado para el sistema [3]. Notamos que el querer automatizar el proceso es una tarea complicada y además de costosa, porque sería difícil la puesta en marcha del controlador, aunque se obtenga un sistema sin error y con buena respuesta al estado transitorio.

La empresa suiza Graf (2015), ha desarrollado una guarnición de acero de alambre metálico Camel con una nueva geometría, aprovechando la materia prima al igual que mejorando la producción, ejerciendo un efecto positivo en el flujo de aire y reduciendo el daño en las fibras, en procesos como el peinado y reduciendo así que se rompan fibras, además de que las guarniciones de alambre Hipro, se adaptan a todas las fibras estándar [4]. La geometría y el estudio de las aleaciones ha sido importante para poder construir nuevas guarniciones que se alejan de la guarnición tradicional.

2. Métodos

“La investigación científica es, en esencia, como cualquier tipo de investigación, solo que más rigurosa, organizada y se lleva a cabo cuidadosamente” [5]. En este capítulo se analizará una variedad de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se usara para el estudio del problema planteado.

2.1. Tipo de investigación

Para la investigación que se llevara a cabo se usará un enfoque cualitativo, ya que este enfoque establece que se pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y análisis de los datos. Esto

llevara a establecer cuáles son las preguntas mas importantes de la investigación, y después, para responderlas y refinarlas [5]. Se observará que este enfoque ayuda a que varíe la investigación, ya que no sigue una sola secuencia y que se adapta al estudio del problema.

2.2. Diseño de la investigación

A continuación se detalla este proceso investigativo subdividido en etapas llevadas a cabo para la consecución de los objetivos planteados.

Para el diseño y la construcción de una máquina cardadora, se siguió la consecuencia de varias etapas sin un orden estricto de realización; sin embargo, antes de realizar estas actividades se debe contar con bases que permitan desarrollar un sistema funcional en cuanto a su aplicación se refiere. Es por esta razón que todo comenzó como una ayuda por parte de las autoridades del Gobierno Provincial de Imbabura (GPI), en realizar proyectos que ayuden a mejorar la calidad de vida de los habitantes, en este caso, los habitantes de la zona rural de Mariano Acosta; aplicando esta mentalidad de incentivar proyectos de mejoramientos de los procesos tradicionales en las zonas rurales, se propone el estudio de mejoramiento del proceso actual de manejo de fibras de alpaca, con el que trabajan los habitantes de la zona, para que de esta manera poder independizarse de empresas no adecuadas en el manejo de fibra de alpaca. Con el fin de afinar y estructurar esta idea se plantea un problema; el planteamiento del problema (objetivos, justificación y alcance) permite encontrar el enfoque específico. La investigación actual: “Construcción de una máquina artesanal cardadora de fibra de alpaca”; se enfoca en el proceso de cardado que es uno de los principales procesos para obtener un hilo de muy buena calidad. El siguiente paso requerido es la construcción del marco teórico para lo cual se obtiene, revisa, consulta, extrae y recopila información relacionada a temas como hilado, peinado, cardado de fibras cortas, cardado de fibras largas, técnicas manuales de hilado, cardado manual, entre otros; información adquirida principalmente de fuentes bibliográficas, publicaciones científicas, en menor número de tesis desarrolladas y vista de a fábricas textiles. A continuación se detalla cada una de las actividades realizadas para llegar a la solución del problema investigativo propuesto:

3. Resultados

3.1. Propuesta de diseño

La máquina cardadora ha sido diseñada como se muestra en la figura 3.1. El sistema está compuesto por un módulo de cardado, mecanismo de retirado de la fibra, el sistema de transmisión de potencia, las bandejas de entrada y salida del producto y el bastidor.

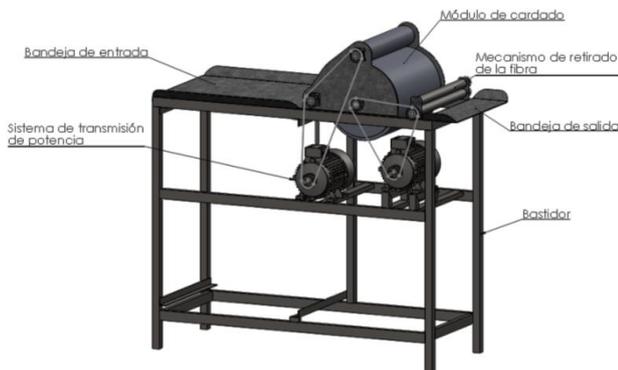


Figura 1 Diseño de prototipo de máquina cardadora de fibras largas

3.2. Proceso de cardado

Con el uso de la bibliografía y la visita a la planta textil del “Salinerito”, se determinó que el proceso de cardado adecuado será realizado a través de un rodillo transportador y dos rodillos cardadores (rodillo 1 y rodillo 2) (ver figura 3.2.); donde el cilindro cardador tendrá una velocidad menor que la de los rodillos cardadores. Siguiendo la investigación se determinó que la configuración de 2 rodillos cardadores sería la ideal y que se ajusta a la producción de fibra de alpaca, ya que actualmente la asociación de Mariano Acosta maneja una producción de 25 lb anuales. La guarnición seleccionada es del tipo flexible y para la fibra fina con una configuración 120 TPI (hilos por pulgada).

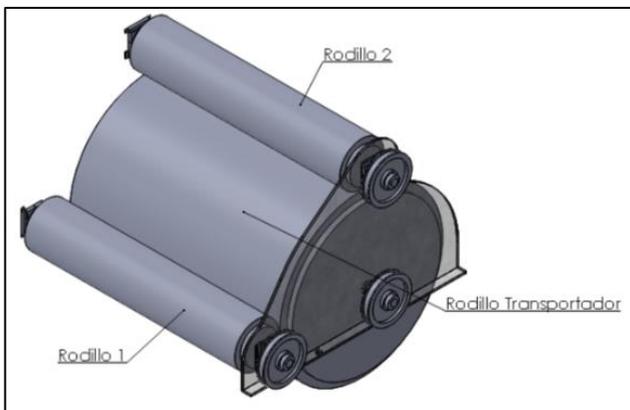


Figura 2 Configuración de rodillos cardadores.

3.3. Sistema de transmisión

Se determina que el sistema de transmisión será dividido en dos, uno para los rodillos cardadores (véase la figura 3.5) y otro para el rodillo transportador (véase la figura 3.6), ya que se necesita que ambos sean independientes. Para el mejor análisis del impacto de la velocidad en la fibra en el proceso de cardado, hay que tomar en cuenta que el mecanismo para retirar la fibra debe tener la misma velocidad tangencial que el rodillo transportador.

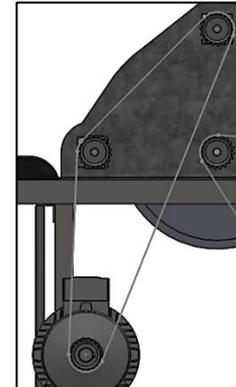


Figura 3 Sistema de transmisión para los rodillos cardadores

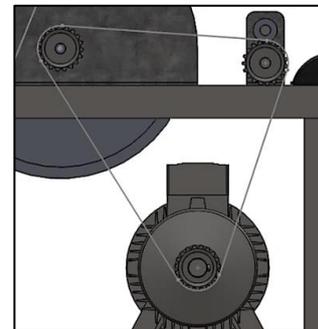


Figura 4. Sistema de transmisión para el rodillo transportador y el mecanismo para retirar la fibra.

Por medio de la bibliografía se determinó que la velocidad inicial de los rodillos cardadores será de 240 rpm y la velocidad del rodillo transportador de 60 rpm [6], por lo cual se analizaron las alternativas de transmisión como indica la tabla 3.2.

Tabla 1. Comparativa entre las cuatro alternativas de transmisión [7]

Tipo de transmisión	Por cadena	Por correa dentada	Por correa en V	Por correa plana
Ruido	Alto	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Eficiencia	98 %	99 %	96 %	97 %
Longitud de correa	Libre	Dependiente	Normalizada	Libre
Sincronismo	Si	Si	No	No
Costo inicial	Alto	Moderado	Bajo	Bajo
Necesidad de tensado	Alguna	Escasa	Alguna	Alguna
Trabajo a V=25 m/s	Bueno	Bueno	Aceptable	Aceptable
Capacidad transmisión de potencia	Muy alta	Alta	Media	Media

Al analizar la tabla comparativa, se aprecia que no existe mucha diferencia entre la eficiencia de cada tipo de sistemas, aunque la mejor opción es la transmisión por correa dentada ya que se ajusta perfectamente al proceso de

cardado ya que ofrece una eficiencia alta, bajo ruido, bajo costo de instalación y buena capacidad de transmisión de potencia.

3.4. Fuerza ejercida por los rodillos cardadores.

Para determinar la fuerza requerida para el cardado, se realizó la prueba de laboratorio, a través de un medidor de fuerza (Newtómetro) como se muestra en la figura 5, y un cepillo con guarnición flexible. Se procedió a simular el proceso de cardado de manera que se colocó la fibra sobre una superficie lisa para proceder a realizar el cardado y obtener datos de fuerza; de esta manera se llegó a determinar un valor inicial de la fuerza requerida en los rodillos cardadores y el rodillo trasportador.



Figura 5 Newtómetro unido a cepillo con guarnición flexible.

En las pruebas de laboratorio se obtuvieron valores de los cuales el valor mínimo fue 7 N y como valor máximo fue 15 N. De esta manera, se seleccionó el valor más alto para calcular la potencia requerida por parte de los motores.

3.5. Análisis de elementos finitos en el soporte lateral derecho

Al realizar la simulación de los esfuerzos resultantes de los rodillos al soporte lateral derecho, se obtiene como resultado la distribución del esfuerzo equivalente, el desplazamiento y el factor de seguridad.

Para posicionar las fuerzas dentro del soporte lateral se diseñó un elemento solo para la simulación, que tiene la forma del rodamiento que se usará y unas secciones cuadradas donde serán aplicadas las fuerzas resultantes (ver tabla 2).

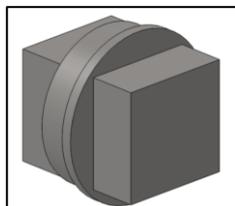


Figura 6 Elemento usado para posicionar las fuerzas resultantes

Tabla 2. Valores de las reacciones sobre el soporte lateral derecho

Posición	Reacción en Z (N)	Reacción en Y (N)
Rodillo cardador 1	-380,40	-702,88
Rodillo cardador 2	-288,20	-367,56
Rodillo de transporte	-2761,28	-1692,52

Las condiciones para el análisis fueron que las resultantes obtenidas en el punto de apoyo B de los rodillos cardadores y el rodillo transportador, corresponden a las fuerzas que será sometido el soporte lateral derecho; se estableció que el tubo rectangular será un soporte fijo y la unión entre estos dos será a través de un perno con tuerca, ver figura 7.

El material escogido para el soporte lateral es acero ASTM A283 Gr. C de 3,3 mm de espesor.

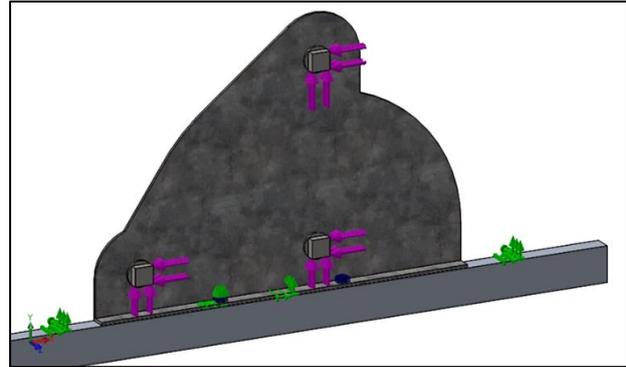


Figura 7 Condiciones de borde en el soporte lateral derecho

Después de someter el soporte a las resultantes, se obtiene un esfuerzo máximo de 44,68 MPa (ver figura 8) y que el punto crítico del soporte se localiza en el apoyo del rodillo transportador.

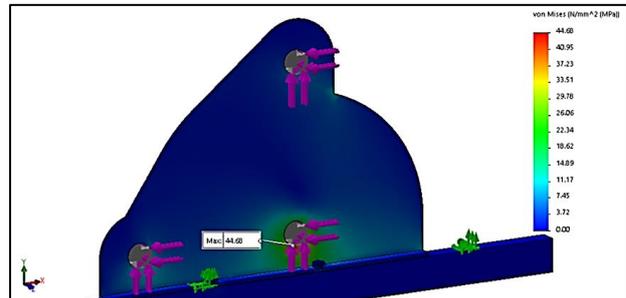


Figura 8 Distribución del esfuerzo equivalente.

En los resultados del análisis de desplazamiento (ver figura 9), se obtiene que el máximo desplazamiento estará en el punto superior y que será de 0,111 mm.

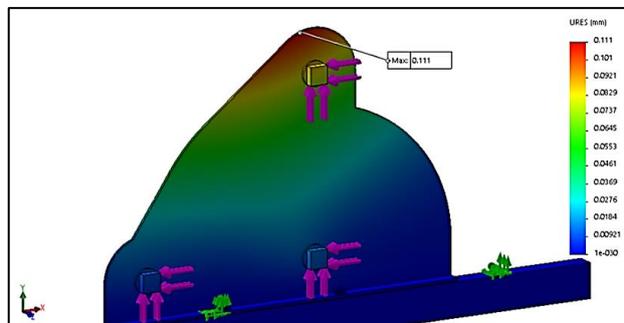


Figura 9. Desplazamiento

En la figura 10 se observa que el factor de seguridad es igual a 4,6; el cual es un valor apropiado para el prototipo, ya que no se puede reducir el grosor de la chapa porque se requiere que los desplazamientos sean bajas,

como los obtenidos actualmente, y de esta manera el proceso de cardado se realiza correctamente.

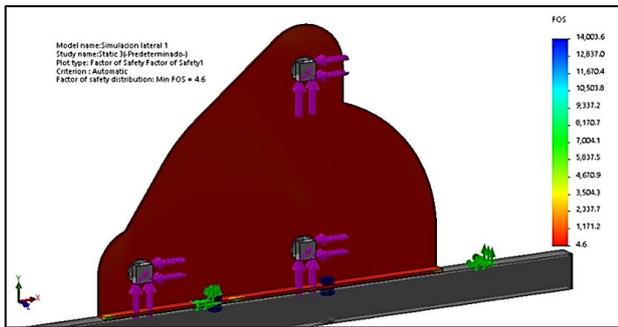


Figura 10 Factor de seguridad.

3.6. Diseño del soporte estructural

Realizando un análisis de la configuración de los soportes, se opta por diseñar un bastidor (ver figura 11) que deberá soportar el peso de los componentes y ser estable durante el funcionamiento. Se parte con la selección de un tubo estructural, ya que este tipo de material es para ámbito automotriz, agro ganaderías, construcción de columnas y estructuras de maquinarias, por lo que el material es apto para la estructura de la máquina.

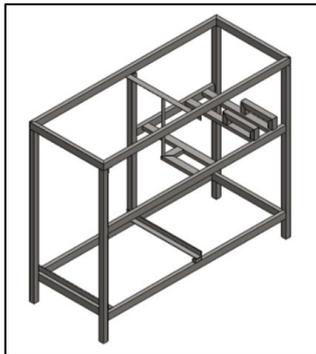


Figura 11 Diseño estructural

Las medidas del soporte se establecieron según la ergonomía de trabajo, tomando en cuenta que la máquina está diseñada para cumplir un trabajo ligero. De manera que el ancho se determinó a partir de los rodillos que tienen una longitud de 51,2 cm, para la altura se comenzó investigando la altura promedio de la población ecuatoriana que es de 1,67 m [8], y con este dato se procede a establecer que la altura adecuada para cumplir el trabajo es de 100 cm, que estaría al mismo nivel que el de los codos de una persona de altura promedio y además de ser la altura idónea para el tipo de trabajo a realizar.

3.7. Diseño del mecanismo de salida

Se analizó un mecanismo que ayude a retirar el velo obtenido después del proceso de cardado; investigando el método más viable se estableció un diseño de dos rodillos

con una separación de 1 mm como se muestra en la figura 12.

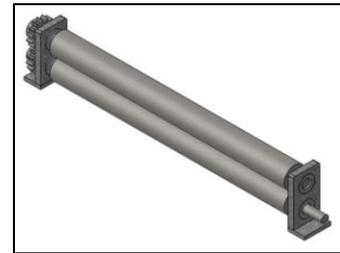


Figura 12 Diseño de sistema para retirar velo

El mecanismo está conformado por dos rodillos con una separación entre ejes de 4 cm y conectados a través de un par de engranajes rectos; la velocidad del mecanismo dependerá de la velocidad del rodillo transportador.

El engranaje recto se seleccionó por catálogo buscando uno que se ajuste a la medida de 4 cm entre ejes, así que comparando entre las opciones se obtuvo que el engranaje S813 de acero es el que se ajusta al mecanismo.

3.7. Elementos para la admisión y salida de la fibra

A través de la bibliografía [9] se analizó la implementación de elementos en los cuales preparar la fibra (ver figura 13) o que ayude a su fácil retiro del proceso (ver figura 14), por eso siguiendo el diseño de bandeja y las medidas del soporte estructural, se diseñaron dos bandejas con dobleces a partir de dos chapas metálicas que cumplen el objetivo planteado.

Como se ve en la figura 13, la bandeja tendrá una longitud 69,5 cm, donde la fibra será preparada para el proceso de cardado.

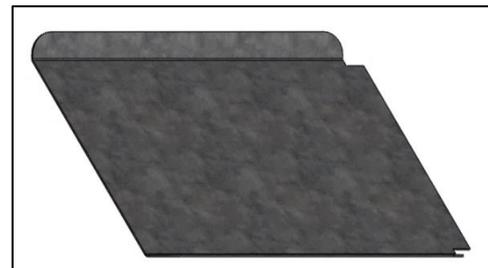


Figura 13. Bandeja de admisión

La bandeja de salida será muy parecida a la de admisión, aunque la longitud será de 15,8 cm, como se muestra en la figura 14.

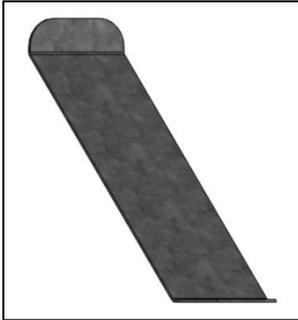


Figura 14 Bandeja de salida

Cabe destacar que las bandejas serán construidas con la misma chapa metálica con la cual serán construidos los soportes laterales, porque de esta manera se puede economizar costo, al usar el material restante, ya que las propiedades mecánicas no influyen en estos elementos.

3.8. Sistema de variación de distancia entre rodillos

El análisis del diseño se realizó con base en la estabilidad, facilidad de operación, robustez y precisión. Tomando en cuenta estos aspectos, se diseñó que un sistema compuesto por 3 piezas, una fija y dos que serán intercambiables, como muestra la figura 15.

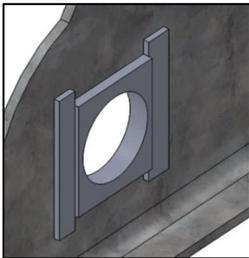


Figura 15 Sistema de variación de rodillos

Revisando la bibliografía [6] y consultando a personas con experiencia, se estableció 5 valores de separación entre rodillos, la separación entre rodillos variará entre -2 y +2 mm, en incremento de 1 mm, los cuales serán los valores de partida para realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.

El mecanismo va a depender de un operario que se encargue del montaje (ver figura 16) y desmontaje de las partes intercambiables (ver figura 17) del sistema.

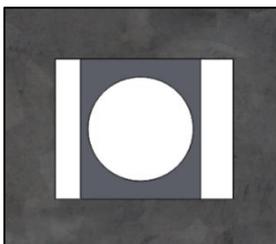


Figura 16 Soporte del rodamiento unido al soporte lateral

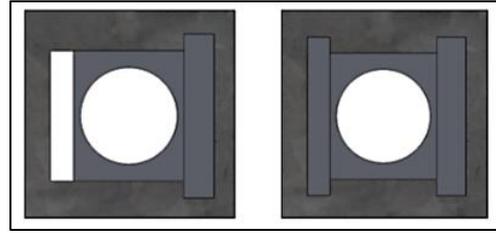


Figura 17 Implementación de separadores para una separación de +1 mm

El sistema está diseñado para que después de colocar el soporte del rodamiento, quede un espacio de 16 mm de vacío. Para variar la distancia se usarán 5 piezas de grosores diferentes a partir de 5 mm y hasta 11 mm cada una con una diferencia de 1 mm; de esta manera, el sistema permanece compacto y sin posibilidad de que cambie la distancia entre rodillos.

3.9. Diseño de la etapa de control

Se diseña un sistema de control de lazo abierto, ya que el proceso de cardado no consta de ningún tipo de retroalimentación. El diseño de la etapa de control estará previsto de una entrada que es un botón para fijar la velocidad, un controlador que comunica la entrada con el variador 1 y el variador 2, y que cada variador envíe la frecuencia a cada motor, como se muestra en la figura 18.

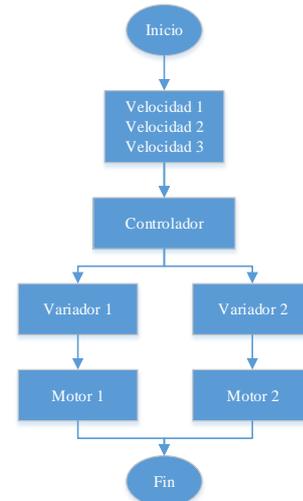


Figura 18 Diagrama de flujo de la etapa de control

3.10. Prueba con valores de velocidad ajustados:

Distancia entre rodillos = 0 mm

Tipo de fibra = Huariza (fibra de tercera)

Velocidad de rodillo transportador = 560 rpm

Velocidad de rodillos cardadores = 280 rpm

Observación: Las velocidades de los rodillos fueron determinadas después de varias pruebas de funcionamientos, siendo estas velocidades con las que se comenzarán las pruebas con la fibra.

La fibra es preparada haciendo un pre proceso de separación y distribución a lo largo de la bandeja de admisión, para posteriormente proceder a introducir la fibra en el sistema de cardado como muestra la figura 19, de manera que la fibra quede distribuida por todo el cilindro transportador.



Figura 19 Introducción de fibra en la cardadora.

Al ingresar la fibra al proceso es necesario tener cuidado de que no ingrese en medio de las partes móviles (entre el rodillo y los soportes laterales), porque la acumulación de la fibra reduce la movilidad de las partes.

En el proceso se podrá observar que parte de la fibra se queda en los rodillos cardadores; es normal ya que los rodillos van igualando y paralelizando la fibra y posteriormente las fibras del rodillo cardador quedarán en el rodillo transportador (ver figura 20). Una manera de saber que la fibra esta cardada, es cuando se puede observar que no hay interacción de los rodillos cardadores, ya que la fibra quedó en el rodillo transportador.



Figura 20 Fibra cardada en el rodillo transportador

Existen fibras sueltas, fibras cortas o impurezas que durante el proceso de cardado son expulsadas fuera del proceso y pueden quedar enredadas en las partes móviles o las impurezas pueden ser esparcidas por toda el prototipo.

Al conseguir que la fibra este cardada, se procede a retirar la fibra; para retirar la fibra se toma como referencia la chapa metálica que sirve de unión para la guarnición del rodillo transportador (ver figura 21) con la herramienta adecuada, se procede a retirar la fibra como muestra la figura 22.



Figura 21 Chapa metálica en el rodillo transportador



Figura 22 Fibra siendo retirada del rodillo transportador

Hay que tener cuidado al retirar la fibra, ya que puede enredarse con los rodillos cardadores o en el mismo rodillo transportador. Siguiendo adecuadamente el procedimiento se puede obtener un velo como se muestra en la figura 23.



Figura 23 Velo de fibra de alpaca

Se puede realizar una comparación visual (ver figura 24) entre la fibra antes del cardado y después del cardado y se nota el trabajo realizado por la máquina.



Figura 24 Comparación de fibra antes y después del cardado

El proceso de la máquina termina al obtener el velo, aunque el velo sigue al siguiente proceso que es el proceso de hilado para después ser convertido en prendas de vestir.

La limpieza del prototipo es muy importante ya que la invasión de fibras o impurezas es considerable, por esta razón y para mantener el correcto funcionamiento del

prototipo es necesario realizar la limpieza después del uso del prototipo.

4. Conclusiones

El proceso que optimiza el cardado de la fibra de alpaca, está conformado por un rodillo transportador y dos rodillos cardadores accionados por dos motores eléctricos.

Las cardadoras manuales tomadas como referencia permitieron el desarrollo de un prototipo semiautomático funcional.

El tiempo de construcción de la parte mecánica fue de una semana, al tener pocas piezas para manufacturar y ensamblar.

El sistema de construcción no permite alcanzar la precisión requerida para que el sistema de variación de la distancia de los rodillos cumpla su función de forma correcta.

El proceso de cardado funciona correctamente, ya que se puede obtener un manto apto para aplicaciones textiles, certificado por un experto en el manejo de fibras.

Las pruebas de funcionamiento influyeron en el contenido final del manual de usuario, permitiendo mejorar los procedimientos de operación y mantenimiento.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] P. R. & C., «www.ramella.com,» [En línea]. Available: <http://www.ramella.com/carder.php>. [Último acceso: 20 Enero 2017].
- [2] Truetzschler, «Truetzschler card clothing,» [En línea]. Available: <https://www.truetzschler-cardclothing.de/en/products/spinning-wires/detailed-information/flat-tops/magnetop/>.
- [3] C.-F. J. Kuo y C.-T. Hsieh, «Dynamic Analysis and Control of a Whole Roller Carding System,» *Textile Research Journal*, 2001.
- [4] G. Garcia, «Avances en Sistemas de Cardado y Limpieza,» *Textiles Panamericanos*, n° 4, 2015.
- [5] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, *Metodología de la investigación*, 5ta edición ed., vol. Quinto, Mc Graw Hill, 2010.
- [6] D. Das, S. M. Ishtiaque y P. Dixit, «Influence of carding and drawing processes on orientation of fiber in slivers,» *The Journal of The Textile Institute*, vol. 103, n° 6, pp. 676-686, 2012.
- [7] H. Vargas y W. Escobar, *Diseño de un prototipo Eléctrico-Mecánico para moldeo de Arepas*, Bogotá D.C., 2011.
- [8] Metro, «1,67 cm es la estatura promedio de los ecuatorianos,» *Metro*, 26 Julio 2016.
- [9] Fancy-Kitty, «DRUM CARDERS & ACCESSORIES,» 2016. [En línea]. Available: http://www.fancy-kitty.com/store/c13/Drum_Carders_%26_Accessories.html.
- [10] M. Mirzaei, A. A. Gharehaghaji y M. Zarrebini, «A new method of yarn hairiness reduction by air suction during carding,» *Textiles Research Journal*, p. 10, 2012.
- [11] I. Tube, «www.independencetube.com,» [En línea]. Available: <https://www.independencetube.com/a500>. [Último acceso: 2017].